

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

№ 4 (17), 2024

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

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). «Свободная цена»

Учредитель:

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Северо-Кавказский ФНАЦ»

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР:

Кулинец Валерий Владимирович

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

ЧЛЕНЫ РЕДАКЦИОННОЙ КОЛЛЕГИИ:

Паржанов Жанибек Ануарбекович

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

Газиев Адхам

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 Анатолий Николаевич

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

Клименко Александр Иванович

Академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, директор ФГБНУ «Федеральный Ростовский аграрный научный центр» (г. Ростов-на-Дону, Россия).

Мирошников Сергей Александрович

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

Халилов Магомеднур Бурганудинович

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.

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). «Free price»

Founder:

Federal State Budgetary Scientific Institution “North Caucasus FARC”

CHIEF EDITOR:

Kulintsev Valeriy Vladimirovich

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 Zhanibek Anuarbekovich

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 Adkham

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 Anatoly Nikolaevich

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

Klimenko Aleksandr Ivanovich

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 Sergey Aleksandrovich

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 Magomednur Burganudinovich

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

Косилов Владимир Иванович

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

Белобров Виктор Петрович

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

Молчанов Алексей Вячеславович

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 Александр Николаевич

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

Оробец Владимир Александрович

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

Годунова Евгения Ивановна

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

Колесников Владимир Иванович

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

Дридигер Виктор Корнеевич

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

Ерошенко Федор Владимирович

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

Ковтун Виктор Иванович

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

Kosilov Vladimir Ivanovich

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 Viktor Petrovich

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 Aleksey Vyacheslavovich

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 Aleksandr Nikolaevich

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 Vladimir Aleksandrovich

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

Godunova Evgeniya Ivanovna

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

Kolesnikov Vladimir Ivanovich

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 Viktor Korneevich

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 Fedor Vladimirovich

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

Kovtun Victor Ivanovich

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 Али-Магомет Мусаевич

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

Кузыченко Юрий Алексеевич

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

Абдурасулов Абдугани Халмурзаевич

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

НАУЧНЫЙ РЕДАКТОР:

Погодаев Владимир Анисеевич

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 Галина Тимофеевна

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

Корректор

Аниско Инна Владимировна

Переводчик

Шевякина Светлана Васильевна

Технический редактор

Шевченко Галина Григорьевна.

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, retnec.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)
vniiook@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) (РОСКОНАДЗОР)

Aibazov Ali-Magomet Musaevich

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 Yuriy Alekseevich

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)

EXECUTIVE EDITOR:

Pogodaev Vladimir Anikeevich

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 GalinaTimofeevna

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, retnec.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, Zootekhnicheskiiy, 15
Tel: (8652) 71-81-22 (Russia) vniiook@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)

Сельскохозяйственный журнал. 2024. №4 (17). С.4-13
Agricultural journal. 2024. 17 (4). P.4-13

Агрономия, лесное и водное хозяйство

Научная статья

УДК: 631.439:63182:631.879

DOI: 10.48612/FARC/2687-1254/001.4.17.2024

ПЛОТНОСТЬ СЛОЖЕНИЯ ЧЕРНОЗЁМА ПРИ ПРИМЕНЕНИИ МИНЕРАЛЬНЫХ И ГУМИНОВЫХ УДОБРЕНИЙ

Наталья Леонидовна Кураченко, Лев Фёдорович Казюлин

Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования «Красноярский государственный аграрный университет», Россия, г. Красноярск.

E-mail: kurachenko@mail.ru

Аннотация. Применение ростостимулирующих препаратов является важным фактором биологизации земледелия, стимулирующим активное развитие корневой системы, равномерный рост культур, усиливающий их способность впитывать из почвы питательные вещества и влагу. Поступление гуминовых удобрений в почву способствует оптимизации почвенных свойств, в том числе и агрофизических. Особую актуальность представляет изучение действия гуминовых удобрений на плотность сложения почвы, так как формирование и сохранение этого показателя на уровне оптимальных значений считается важнейшим условием получения стабильной урожайности сельскохозяйственных культур. С целью оценки влияния минерального и гуминового удобрения на плотность сложения чернозема в посевах зерновых культур зернопарового севооборота в 2020–2022 гг. на базе учебного хозяйства Красноярского государственного аграрного университета «Миндерлинское» провели полевой опыт. Яровая пшеница и яровой ячмень возделывались в зернопаровом севообороте «занятый пар – пшеница – пшеница – ячмень» в условиях комплексной химической защиты растений. Схема полевого опыта включала шесть вариантов с применением комплексного удобрения аммофос в двух дозах, фолиарной обработки посевов зерновых культур Лигногуматом и его совместным применением с минеральными удобрениями. Контролем служил вариант, где культуры возделывались без удобрений. Показано, что обработка посевов зерновых культур гуминовым удобрением Лигногумат АМ в баковых смесях сглаживала сезонную динамику плотности сложения ($C_v = 2\text{--}15\%$) в чернозёме. Раздельное и совместное применение минерального и гуминового удобрения в технологии возделывания пшеницы и ячменя определило увеличение плотности сложения чернозёма в слое 0–20 см на $0,01\text{--}0,07\text{ г/см}^3$, 20–40 см – на $0,02\text{--}0,04\text{ г/см}^3$. Максимальная плотность сложения пахотного слоя чернозема в звене севооборота «пшеница – пшеница – ячмень» была сформирована при применении Лигногумата АМ по вегетирующим растениям на фоне припосевного внесения аммофоса в дозе $N_{12}P_{50}$ ($0,96\text{ г/см}^3$).

Ключевые слова: яровая пшеница, яровой ячмень, чернозем, аммофос, Лигногумат АМ, плотность почвы.

Для цитирования: Кураченко Н.Л., Казюлин Л.Ф. Плотность сложения чернозема при применении минеральных и гуминовых удобрений // Сельскохозяйственный журнал. 2024. № 4 (17). С. 4-13. DOI: 10.48612/FARC/2687-1254/001.4.17.2024

Agronomy, forestry and water industry

Original article

BULK DENSITY OF BLACK SOIL WHEN USING MINERAL AND HUMIC FERTILIZERS

Natalia L. Kurachenko, Lev F. Kaziulin

Federal State Budgetary Institution of Higher Education “Krasnoyarsk State Agrarian University”, Russia, Krasnoyarsk

E-mail: kurachenko@mail.ru

Abstract. The use of growth-stimulating preparations is an important factor in the biologization of agriculture, which stimulates the active development of the root system, uniform growth of crops, enhancing their ability to absorb nutrients and moisture from the soil. The application of humic fertilizers to the soil helps to optimize soil properties, including agrophysical ones. The study of the effect of humic fertilizers on the soil bulk density is of particular relevance, since the formation and maintenance of this parameter at the level of optimal values is the most important condition for obtaining stable yields of crops. In order to evaluate the effect of mineral and humic fertilizers on the bulk density of black soil in grain crops of the grain-fallow crop rotation in 2020-2022, a field experiment was conducted at the instructional farm “Minderlinskoe” of the Krasnoyarsk State Agrarian University. Spring wheat and spring barley were cultivated in the grain-fallow crop rotation: seeded fallow – wheat – wheat – barley under conditions of complex chemical plant protection. The field experiment scheme included 6 variants with the use of complex fertilizer ammophos in two doses, foliar treatment of grain crops with Lignohumate and its combined use with mineral fertilizers. The control variant was where the crops were cultivated without fertilizers. It was shown that the treatment of grain crops with humic fertilizer Lignohumate AM in tank mixtures smoothed down the seasonal dynamics of bulk density ($C_v = 2-15\%$) in black soil. Separate and combined application of mineral and humic fertilizers in wheat and barley cultivation technology determined an increase in the bulk density of black soil in the 0-20 cm layer by 0,01-0,07 g/cm³, 20-40 cm - by 0,02-0,04 g/cm³. The maximum bulk density of the arable layer of black soil in the wheat – wheat – barley crop rotation link was formed when applying Lignohumate AM on vegetative plants on the background of pre-sowing application of ammophos at a dose of N₁₂P₅₀ (0,96 g/cm³).

Keywords: spring wheat, spring barley, black soil, ammophos, Lignohumate AM, soil bulk density.

For citation: Kurachenko N.L., Kaziulin L.F. Bulk density of black soil when using mineral and humic fertilizers // Agricultural journal. 2024; No. 17 (4). P. 4-13.
DOI: 10.48612/FARC/2687-1254/001.4.17.2024

Введение. Применение ростостимулирующих препаратов является важным фактором биологизации земледелия [1–3]. Их использование в современных технологиях производства продукции растениеводства позволяет сократить воздействие негативных факторов окружающей среды, активизировать генетический потенциал культур, повысить урожайность и качество сельскохозяйственной продукции и повысить плодородие почв за счет активизации биологических ресурсов [4–6].

Перспективным препаратом считается гуминовое удобрение Лигногумат АМ,

представляющее собой продукт окислительно-гидролитической деструкции лигносодержащего сырья и характеризующееся как природный фитогармон и стимулятор роста с микроэлементами и повышенной концентрацией гуминовых и фульвокислот [7]. По мнению разработчиков удобрения, препарат оказывает существенное влияние на естественные механизмы выноса NPK и позволяет сократить нормы внесения удобрений. Обработка семян гуминовым удобрением и внекорневая подкормка растений в период вегетации стимулирует активное развитие корневой системы, определяет равномерный рост культур, усиливает их способность впитывать из почвы питательные вещества и влагу [8]. Поступление гуминовых удобрений в почву способствует оптимизации почвенных свойств, в том числе и агрофизических. Особую актуальность представляет изучение действия гуминовых удобрений на плотность сложения почвы, так как формирование и сохранение этого показателя на уровне оптимальных значений – важнейшее условие получения стабильной урожайности сельскохозяйственных культур.

Цель исследования – оценка влияния минерального и гуминового удобрения на плотность сложения чернозёма в звене зернопарового севооборота.

Материал и методы исследований. Полевой опыт проводили в 2020–2022 гг. на базе учебного хозяйства Красноярского государственного аграрного университета «Миндерлинское», расположенного в Красноярской лесостепи. Почва опытного участка чернозем выщелоченный среднесиловый тяжелосуглинистого гранулометрического состава. Слой почвы 0–20 см характеризовался высоким содержанием гумуса (6,9–7,4 %), очень высокой суммой обменных оснований (57,5–62,0 ммоль/100 г), нейтральной реакцией почвенного раствора (pH_{H_2O} – 7,0–7,2), повышенной обеспеченностью нитратным азотом (12,8–15,02 мг/кг), средней обеспеченностью подвижным фосфором (150,0–175,8 мг/кг) и очень высокой обменным калием (265,0–291,0 мг/кг).

Яровая пшеница Новосибирская 15 и яровой ячмень Ача возделывались в зернопаровом севообороте «занятый пар – пшеница – пшеница – ячмень» в условиях комплексной химической защиты растений. Схема полевого опыта включала шесть вариантов с применением комплексного удобрения аммофос в двух дозах, foliarной обработки посевов зерновых культур Лигногуматом и его совместным применением с минеральными удобрениями. Контролем служил вариант, где культуры возделывались без удобрений.

Посев зерновых культур осуществлялся во второй декаде мая сеялкой Агратор-4,8. Первая внекорневая обработка зерновых культур гуминовым удобрением Лигногумат АМ в дозе 100 г/га проводилась в баковой смеси с гербицидами; вторая обработка – с фунгицидами и инсектицидами в фазе выхода в трубку – начало колошения. Доза химических препаратов соответствовала рекомендациям производителя. Расход рабочего раствора баковой смеси составлял 300 л/га. Минеральное удобрение аммофос вносили в почву при посеве зерновых культур.

Рабочая площадь делянки составляла 1 000 м², учетная – 100 м². Размещение вариантов систематическое в трехкратной повторности. Отбор почвенных образцов на определение влажности термовесовым методом и плотности сложения по Н. А. Качинскому, приуроченный к основным фазам развития зерновых культур, проводили с июня по сентябрь. Повторность отбора образцов трехкратная. Глубина отбора образцов – 0–20 и 20–40 см. Экспериментальные данные обработаны по Б. А. Доспехову [9] с использованием программы Microsoft Excel XP.

Вегетационные сезоны 2020 и 2021 годов характеризовались как тёплые и избыточно влагообеспеченные. Сумма активных температур составила 2 043–2 350 °С

при выпавших 264–273 мм осадков за тот же период. Погодные условия вегетационного сезона 2021 года можно охарактеризовать как относительно засушливые со значительной неравномерностью выпадения осадков. Сумма активных температур больше 10 °С составила 1 942 °С. За этот период выпало 206 мм осадков.

Результаты исследований и их обсуждение. Плотность сложения является интегральным свойством почвы и среди всех агрофизических показателей наиболее тесно связана с урожайностью сельскохозяйственных культур, так как она непосредственно влияет на тепловой, воздушный, водный режимы и микробиологическую активность почв [10–11]. При этом необходимо учитывать, что интенсивное использование агропочв способствует ускоренному развитию ряда негативных процессов, в том числе и их переуплотнению [12].

Оценка плотности сложения 0–40 см толщи чернозёма выщелоченного показала, что величина исследуемого параметра по вариантам опыта определялась погодными условиями сезонов и возделываемой культурой в севообороте и соответствовала оптимальным значениям. Так, почва в посевах пшеницы, возделываемой по занятому пару, характеризовалась рыхлым и нормальным сложением 0–20 см слоя. В течение вегетационного сезона величина параметра по вариантам опыта в слое 0–20 см варьировала от 0,83 г/см³ до 1,04 г/см³; в подпахотном слое – от 0,76 до 1,10 г/см³. В посевах второй пшеницы плотность сложения в пахотном слое не превышала величины 1,10 г/см³, в нижележащей толще – 1,19 г/см³. В посевах ячменя отмечалось повышение плотности пахотного слоя чернозема до 1,01–1,16 г/см³.

Припосевное внесение аммофоса и подкормка вегетирующих растений Лигногуматом АМ первой зерновой культуры севооборота определило схожую динамику плотности почвы, заключавшуюся в существенном снижении показателя до 0,86–0,94 г/см³ в период выхода трубку пшеницы. Схожий тренд динамики плотности сложения установлен и при возделывании пшеницы по зерновому предшественнику, но с более выраженной интенсивностью. Здесь отмечено достоверное снижение плотности почвы от всходов яровой пшеницы до выхода её в трубку и далее наблюдалось уплотнение почвы к уборке культуры. Полученная закономерность связана с обильными осадками третьей декады июня, что и определило разуплотняющее действие на почву ($r = 0,67$). В исследовании С. Д. Гилева с соавторами [13] доказано, что засушливые условия способствуют уплотнению почвы, увлажнение же, напротив, оказывает разуплотняющее действие на почву, при этом данные изменения тем сильнее, чем выше была изначальная плотность почвы. Доля влияния фактора «влажность почвы» на плотность почвы под посевами люцерны [14] оценивалась величиной 8 %. На глубине 20–40 см в черноземе не наблюдается ярко выраженной динамики плотности сложения для всех вариантов опыта. Коэффициент варьирования показателя находился в пределах 2–6 %. Для почвы под посевами ярового ячменя, возделываемого по пшенице, также наблюдалось снижение плотности сложения от фазы всходов к фазе выхода в трубку. В пахотном слое чернозема плотность сложения уменьшалась от 1,01–1,16 г/см³ до 0,76–1,00 г/см³ и сохранялась на данном уровне вплоть до уборки культуры. В нижележащем 20–40 см слое плотность уменьшалась от 1,02–1,18 г/см³ до 0,88–0,95 г/см³. К фазе созревания зерна ячменя почва сохраняла первоначальное значение. Применение гуминового удобрения Лигногумат АМ, как отдельно, так и совместно с минеральным удобрением аммофос в посевах первой пшеницысевооборота, возделываемой по занятому пару, сглаживало динамику плотности сложения чернозёма. Коэффициент варьирования показателя в течение вегетационного сезона на этих вариантах опыта составлял от 2 до

10 % и оценивался незначительной изменчивостью (таблица 1).

Опрыскивание посевов пшеницы гуминовым препаратом по удобренным фонам способствовало сглаживанию динамики плотности сложения и, таким образом, снижало коэффициент варьирования до 2–4 %. Эффект сглаживания динамики плотности сложения почвы также наблюдался в слое 0–20 см при опрыскивании гуминовым удобрением посевов второй пшеницы и ячменя. Применение минерального удобрения аммофос в посевах ячменя по пшенице определило увеличение коэффициента варьирования плотности сложения чернозема до 18–20 %, что на 4–6 % больше по сравнению с контрольным вариантом.

Таблица 1

Статистические показатели плотности сложения чернозёма
под культурами звена севооборота (в числителе – $\bar{X}_{\text{ср}}$, г/см³, в знаменателе – C_v , %)

Table 1

Statistical parameters of the bulk density of black soil under crops of the crop rotation link (in the numerator – $\bar{X}_{\text{avg}}$, g/cm³, in the denominator – C_v , %)

Вариант	Пшеница (2020 г., n = 12)		Пшеница (2021 г., n = 12)		Ячмень (2022 г., n = 12)	
	0–20 см	20–40 см	0–20 см	20–40 см	0–20 см	20–40 см
Контроль	$\frac{0,91}{9}$	$\frac{0,96}{11}$	$\frac{0,90}{14}$	$\frac{1,00}{2}$	$\frac{0,85}{14}$	$\frac{1,04}{6}$
Лигногумат АМ	$\frac{0,93}{5}$	$\frac{0,93}{4}$	$\frac{0,90}{10}$	$\frac{1,04}{2}$	$\frac{0,88}{12}$	$\frac{1,04}{11}$
N ₅ P ₂₀	$\frac{0,99}{6}$	$\frac{0,97}{15}$	$\frac{0,91}{16}$	$\frac{0,99}{3}$	$\frac{0,88}{20}$	$\frac{1,09}{10}$
N ₅ P ₂₀ + Лигногумат АМ	$\frac{0,95}{5}$	$\frac{0,94}{4}$	$\frac{0,90}{15}$	$\frac{1,11}{5}$	$\frac{0,90}{9}$	$\frac{1,07}{10}$
N ₁₂ P ₅₀	$\frac{0,95}{10}$	$\frac{0,99}{9}$	$\frac{0,93}{12}$	$\frac{0,97}{6}$	$\frac{0,94}{18}$	$\frac{1,11}{12}$
N ₁₂ P ₅₀ + Лигногумат АМ	$\frac{0,99}{4}$	$\frac{0,99}{2}$	$\frac{0,97}{8}$	$\frac{1,00}{5}$	$\frac{0,93}{12}$	$\frac{1,06}{10}$
$p_{05} A$ (вариант)	0,04*	0,19	0,05*	<0,01*	<0,01*	<0,01*
$p_{05} B$ (срок отбора)	0,23	<0,01*	<0,01*	0,18	<0,01*	<0,01*
$p_{05} AB$ (взаимо- дейст.)	0,01*	<0,01*	0,02*	0,55	<0,01*	<0,01*

Примечание: * - достоверные значения

Величина плотности сложения 0–40 см слоя чернозёма в вегетационный сезон 2020 года в среднем составляла 0,91–0,96 г/см³. Минеральное удобрение аммофос в различных дозах способствовало увеличению плотности верхнего корнеобитаемого

слоя по сравнению с контрольным вариантом на $0,04\text{--}0,08\text{ г/см}^3$ ($p = 0,01$), что обусловлено улучшением условий питания культурных растений и действием их корневой системы. В нижележащем $20\text{--}40\text{ см}$ слое действие удобрений на плотность чернозема ($p = 0,191$) не отмечалось. В посевах второй пшеницы плотность сложения $0\text{--}40\text{ см}$ слоя контрольного варианта соответствовала рыхлому и нормальному значению показателя ($0,90\text{--}1,00\text{ г/см}^3$). Применяемые в опыте минеральное и гуминовое удобрение оказывали достоверное влияние на формирование плотности сложения в $0\text{--}40\text{ см}$ слое почвы ($p = < 0,05$). В подпахотном слое почвы на варианте опыта с применением минерального удобрения аммофос в дозе N_5P_{20} совместно с гуминовым удобрением Лигногумат АМ происходило увеличение плотности почвы относительно контрольного варианта на $0,11\text{ г/см}^3$ ($p = 0,00$). При этом качественного изменения плотности не было, так как сложение почвы также оценивалось как нормальное.

Применение средств интенсификации в посевах ячменя определило достоверное повышение плотности $0\text{--}40\text{ см}$ слоя чернозема. Для пахотного слоя эти изменения оценивались величиной $0,03\text{--}0,09\text{ г/см}^3$, для подпахотного – $0,02\text{--}0,07\text{ г/см}^3$. Внесение в почву минерального удобрения в дозе $N_{12}P_{50}$ определило формирование максимальной плотности почвы в течение вегетационного сезона ($0,94\text{--}1,11\text{ г/см}^3$; $p = 0,00$). Таким образом, наблюдения показали, что применение минерального и гуминового удобрения являлось фактором, влияющим на величину плотности сложения чернозема, формирующуюся под зерновыми культурами севооборота (рис.).

Улучшение условий питания культурных растений под действием минеральных удобрений и поступление гуминовых веществ в агроэкосистему способствовало активизации микробиологического потенциала и, как следствие стимулированию активного развития ризосферы верхнего пахотного слоя. Подтверждение этому является увеличение доли агрономически ценных комковато-зернистых отдельностей в черноземе на этих вариантах опыта [15]. Исследованиями установлена сильная корреляционная зависимость между плотностью сложения и содержанием агрономически ценных агрегатов ($r = 0,72$).

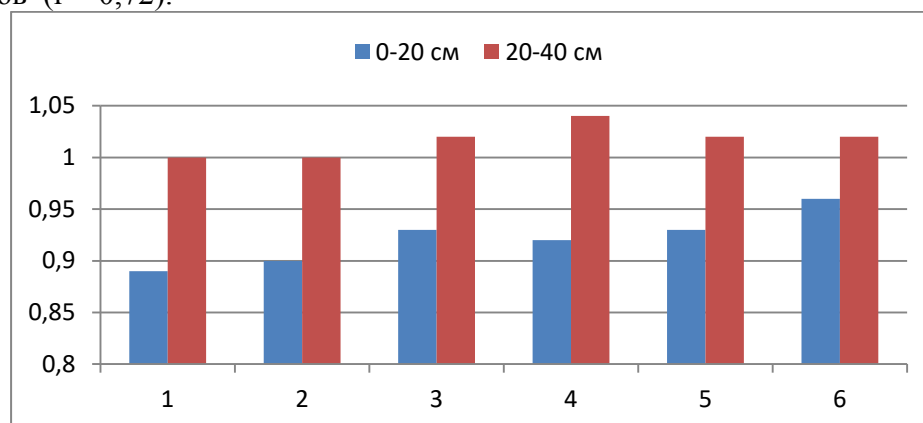


Рисунок. Плотность сложения чернозема (г/см^3) в звене зернопарового севооборота по вариантам опыта:
1 – контроль; 2 – Лигногумат АМ; 3 – N_5P_{20} ; 4 – N_5P_{20} + Лигногумат АМ;
5 – $N_{12}P_{50}$; 6 – $N_{12}P_{50}$ + Лигногумат АМ (2020–2022 гг., $n = 36$)

Figure. Bulk density of black soil (г/см^3) in the grain-fallow crop rotation link according to the experimental variants: 1 – control, 2 – Lignohumate AM, 3 – N_5P_{20} , 4 – N_5P_{20} + Lignohumate AM; 5 – $N_{12}P_{50}$; 6 – $N_{12}P_{50}$ + Lignohumate AM (2020–2022, $n = 36$)

Оценка влияния факторов на формирование плотности сложения почвы в течение вегетационного сезона показывала, что применяемые в опыте удобрения на 12 % определяли сложение 0–20 см слоя чернозёма в посевах пшеницы по занятому пару. В посевах второй пшеницы и ячменя величина показателя в наибольшей степени зависела от срока отбора образцов (39–66 %) и взаимодействия факторов «вариант» и «срок отбора» (24–13 %). Результат применения Лигногумата АМ в технологии возделывания сельскохозяйственных культур определяется способами их применения, сочетаниями с минеральными удобрениями и почвенно-климатическими условиями зоны. Сочетание этих факторов может быть самым разнообразным, а эффект от применения гуминовых удобрений – различным [16].

Интегральным показателем, отражающим вклад всех факторов в рост и развитие культурных растений, является урожайность. Для производства сельскохозяйственной продукции необходимы такие технологии и технологические приемы формирования и функционирования агроценозов, которые в конкретных почвенно-климатических условиях дадут более высокий экономический эффект в сочетании с природоохранными функциями. Достаточное увлажнение вегетационного сезона 2020 года и паровой предшественник обусловили высокую урожайность яровой пшеницы (3,7–4,0 т/га) (табл. 2).

Таблица 2

Урожайность зерновых культур звена севооборота (т/га)

Table 2

Yield of grain crops in the crop rotation link (t/ha)

Вариант	Пшеница (2020 г.)	Пшеница (2021 г.)	Ячмень (2022 г.)	Среднее за 2020- 2021 гг.
Контроль	3,69	2,31	2,88	2,96
Лигногумат АМ	3,76	2,77	2,78	3,10
N ₅ P ₂₀	3,78	3,16	3,32	3,42
N ₅ P ₂₀ + Лигногумат АМ	3,76	3,30	3,37	3,48
N ₁₂ P ₅₀	3,95	2,73	3,80	3,49
N ₁₂ P ₅₀ + Лигногумат АМ	4,03	3,18	3,99	3,73
<i>p</i> ₀₅	0,205	0,022*	0,002*	

* - достоверные значения

Максимальная урожайность второй пшеницы в севообороте была отмечена на вариантах опыта с применением аммофоса в дозах N₅P₂₀ и N₁₂P₅₀ с опрыскиванием посевов Лигногуматом АМ (3,3–3,2 т/га). При возделывании ячменя на фоне припосевного внесения аммофоса в дозе N₁₂P₅₀ отмечено увеличение урожайности зерна в среднем на 1 т/га. Совмещение этого варианта опыта с двукратной обработкой вегетирующих посевов гуминовым удобрением способствовало формированию урожайности культуры до 4,0 т/га. Таким образом, совмещение в технологии возделывания зерновых культур зернопарового севооборота минеральных и гуминовых удобрений способствовало повышению их урожайности в среднем на 0,5–0,8 т/га.

Заключение. Режимные наблюдения за плотностью почвы в агроценозах зерновых культур, возделываемых в севообороте, позволили определить влияние минерального и гуминового удобрения, а также их совместного применения на формирование изучаемого показателя. При незначительном и невысоком сезонном варьировании плотности 0–40 см слоя чернозема (*Cv* = 2–18 %) в течение вегетационных сезонов выявлено его рыхлое и нормальное сложение. Под посевами двух яровых пшениц плот-

ность сложения 0–20 см слоя почвы по вариантам опыта в среднем характеризовалась близкой величиной (0,90–0,99 г/см³), под ячменем отмечалось снижение показателя до 0,85–0,93 г/см³. В подпахотном 20–40 см слое выявлена тенденция увеличения плотности чернозёма по полям севооборота от 0,93–0,99 г/см³ до 1,04–1,11 г/см³ с сохранением оптимальных параметров. Фолиарная обработка зерновых культур гуминовым удобрением Лигногумат АМ в баковых смесях сглаживала сезонную динамику плотности сложения ($C_v = 2–15\%$). Раздельное и совместное применение минерального и гуминового удобрения в технологии возделывания зерновых культур определило увеличение плотности сложения чернозема в слое 0–20 см на 0,01–0,07 г/см³, 20–40 см – на 0,02–0,04 г/см³. Максимальная плотность сложения пахотного слоя чернозема в звене севооборота «пшеница – пшеница – ячмень» была сформирована при применении Лигногумата АМ по вегетирующим растениям на фоне припосевного внесения аммофоса в дозе $N_{12}P_{50}$ (0,96 г/см³). На этом же варианте опыта была получена максимальная урожайность зерновых культур звена севооборота (3,7 т/га). На этом же варианте опыта была получена максимальная урожайность зерновых культур звена севооборота (3,7 т/га).

Список источников

1. Кураченко Н.Л., Шарапатова А.В. Эффективность применения биологического стимулятора «Гипергрин» при возделывании яровой пшеницы в условиях Красноярской лесостепи // Вестник КрасГАУ. 2019. № 12(153). С. 49–56. – DOI 10.36718/1819-4036-2019-12-49-56.
2. 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.
3. Магомедова Д.С., Курбанов С.А. Эффективность применения препарата Биостим зерновой в технологии возделывания озимой мягкой пшеницы // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2024. № 3. С. 11–15.
4. Тютюма Н.В., Бондаренко А.Н., Солодовников А.П. Сравнительная оценка применения биопрепаратов и ростостимуляторов при возделывании нута в условиях Астраханской области // Аграрный научный журнал. 2017. № 5. С. 51–53.
5. Уромова И.П., Козлов А.В. Влияние биопрепаратов на продуктивность и качество картофеля // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2020. № 5. С. 77–81.
6. Мушинский А.А., Фомин С.Д., Тихонова М.А., Аминова Е.В. Эффективность применения лигногуматов на ризогенез одревесневших черенков *Vitis L.* // Известия НВ АУК. 2021. 1 (61). С.82–90. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-08.
7. Стимулятор роста и гуминовое удобрение Лигногумат / Официальный сайт компании «Лигногумат». URL: <https://spb.lignohumate.ru/> (дата обращения: 04.09.2024).
8. Безуглова О.С., Полиенко Е.А., Горовцов А.В. Гуминовые препараты как стимуляторы роста растений и микроорганизмов (обзор) // Известия Оренбургского государственного университета. 2016. № 4. С. 11–14.
9. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Альянс, 2014. 351 с.
10. Комарова Н.А. Значение различных паров в изменении плотности светло-серой лесной почвы и урожайности культур севооборота // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2018. Т. 63. № 2. С. 58–63.

11. Кураченко Н.Л., Халипский А.Н., Казанов В.В. Влияние микробиологического удобрения «Азофит» на агрофизическое состояние чернозема и продуктивность рапса, возделываемого на маслосемена // Вестник КрасГАУ. 2019. № 3(144). С. 22–28.
12. Современное состояние земельных и почвенных ресурсов Красноярского края / В.В. Чупрова, Н.Л. Кураченко, О.А. Сорокина [и др.] // Почвы Сибири: особенности функционирования и использования: Сборник научных статей, посвященный памяти известного сибирского почвовед, доктора сельскохозяйственных наук, профессора П.С. Булгакова. Том Выпуск 4. Красноярск: Красноярский государственный аграрный университет, 2012. С. 13–37.
13. Влияние агрометеорологических факторов на физическое состояние выщелоченных чернозёмов и урожайность зерновых культур в условиях Зауралья / С.Д. Гилев, И.Н. Цымбаленко, А. А. Замятин, А. П. Курлов // Аграрный Вестник Урала. 2015. № 4 (134). С. 28–32.
14. Зависимость плотности почвы как основного показателя плодородия от других агрофизических факторов / К. Е. Денисов, Е. П. Денисов, А. П. Солодовников [и др.] // Аграрный научный журнал. 2016. № 9. С. 27–30.
15. Кураченко Н.Л., Захаренко К.А., Казюлин Л.Ф. Влияние приёмов интенсификации на структурное состояние чернозема при возделывании яровой пшеницы // АгроЭкоИнфо. 2021. № 1(43). С. 13.
16. Швецов С.Г., Еникеев А.Г. Влияние гуминового удобрения на свойства серой лесной почвы и продуктивность овсяницы луговой // Агрохимия. 2010. № 1. С. 37–41.

References

1. Kurachenko N. L., Sharapatova A. V. Efficiency of using the biological stimulant “Hypergreen” in the cultivation of spring wheat in the conditions of the Krasnoyarsk forest-steppe // Bulletin of KrasSAU. 2019. No. 12 (153). P. 49-56. – DOI 10.36718 / 1819-4036-2019-12-49-56.
2. Economic efficiency of pre-sowing treatment of winter wheat seeds with multifunctional preparations / A. A. Kalashnikova, T. V. Simatin, L. R. Oganian, F. V. Eroshenko, I. G. Storchak // Agricultural Journal. 2023. No. 4 (16). P. 34-43. DOI 10.48612/FARC/2687-1254/004.4.16.2023.
3. Magomedova D.S., Kurbanov S.A. Efficiency of using the preparation Biostim grain in the technology of cultivation of winter soft wheat // Vestnik of the Russian agricultural science. 2024. No. 3. P. 11-15.
4. Tiutiuma N.V., Bondarenko A.N., Solodovnikov A.P. Comparative assessment of the use of biopreparations and growth stimulants in the cultivation of chickpeas in the conditions of the Astrakhan region // The Agrarian Scientific Journal. 2017. No. 5. P. 51-53.
5. Uromova I.P., Kozlov A.V. Influence of biopreparations on the productivity and quality of potatoes // International journal of applied and fundamental research. 2020. No. 5. P. 77-81.
6. Mushinskii A.A., Fomin S.D., Tikhonova M.A., Aminova E.V. Efficiency of lignohumates application on rhizogenesis of hardwood cuttings of Vitis L. // Izvestia of the Lower Volga Agro-University Complex. 2021. 1(61). P. 82-90. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-08.
7. Growth stimulator and humic fertilizer Lignohumate / Official website of “Lignohumate” company. URL: <https://spb.lignohumate.ru/> (access date: 09/04/2024).
8. Bezuglova O.S., Polienko E.A., Gorovtsov A.V. Humic preparations as growth stimulants for plants and microorganisms (review) // Izvestia Orenburg State Agrarian University. 2016. No. 4. P. 11-14.
9. Dospekhov B.A. Field experiment methodology (with the basics of statistical processing of research results). Moscow: Alliance, 2014. 351 p.

10. Komarova N.A. Importance of different fallows in changing the density of light-gray forest soil and the cropping capacity of crop rotation // *Agricultural Science Euro-North-East*. 2018. Vol. 63. No. 2. P. 58-63.
11. Kurachenko N.L., Khalipskii A.N., Kazanov V.V. Influence of the microbiological fertilizer “Azofit” on the agrophysical state of black soil and the productivity of rape grown for oilseeds // *Bulletin of KrasSAU*. 2019. No. 3 (144). P. 22-28.
12. Current state of land and soil resources of the Krasnoyarsk Territory / V.V. Chuprova, N.L. Kurachenko, O.A. Sorokina [et al.] // *Soils of Siberia: features of functioning and use: Collection of scientific articles dedicated to the memory of the famous Siberian soil scientist, doctor of agricultural sciences, professor P.S. Bulgakov*. Volume Issue 4. Krasnoyarsk: Krasnoyarsk State Agrarian University, 2012. P. 13-37.
13. Influence of agrometeorological factors on the physical state of leached black soil and the yield of grain crops in the Trans-Urals / S.D. Gilev, I.N. Tsymbalenko, A.A. Zamiatin, A.P. Kurlov // *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2015. No. 4 (134). P. 28-32.
14. Dependence of soil density as the main indicator of fertility on other agrophysical factors / K. E. Denisov, E. P. Denisov, A. P. Solodovnikov [et al.] // *The Agrarian Scientific Journal*. 2016. No. 9. P. 27-30.
15. Kurachenko N.L., Zaharenko K.A., Kazyulin L.F. Vliyanie priyomov intensifikatsii na strukturnoe sostoyanie chernozema pri vozdeleyvanii yarovoj pshenicy // *AgroEkoInfo*. 2021. № 1(43). S. 13.
16. Shvetsov S.G., Enikeev A.G. Effect of humic fertilizer on the properties of gray forest soil and the productivity of meadow fescue // *Agrochemistry*. 2010. No. 1. P. 37-41.

Сведения об авторах

Кураченко Наталья Леонидовна, доктор биологических наук, профессор кафедры почвоведения ФГБУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет», тел.: 8 908 01-21-136, e-mail: kurachenko@mail.ru, ORCID: 0000-002-1761-4995

Казюлин Лев Фёдорович, аспирант кафедры почвоведения ФГБУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет», тел.: 8 908 01-52-005, e-mail: levkrsk.99@mail.ru, ORCID: 0009-0004-6637-1733

Information about the authors

N. L. Kurachenko, Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Soil Science of the Federal State Budgetary Institution of Higher Education “Krasnoyarsk State Agrarian University”, tel.: 8908 012 1136, e-mail: kurachenko@mail.ru, ORCID: 0000-002-1761-4995

L. F. Kazyulin, Postgraduate Student of the Department of Soil Science of the Federal State Budgetary Institution of Higher Education “Krasnoyarsk State Agrarian University”, tel.: 8908 015 2005, e-mail: levkrsk.99@mail.ru, ORCID: 0009-0004-6637-1733

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 10.10.2024; одобрена после рецензирования 21.10.2024; принята к публикации 17.10.2024.

The article was submitted 10.10.2024; approved after reviewing 21.10.2024; accepted for publication 17.10.2024.

Сельскохозяйственный журнал. 2024. №4 (17). С. 14-23
Agricultural journal. 2024. 17 (4). P. 14-23

Агрономия, лесное и водное хозяйство

Научная статья

УДК: 631.6.02:528.8

DOI: 10.48612/FARC/2687-1254/002.4.17.2024

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ЗАЩИТНОЙ ЛЕСНОЙ ПОЛОСЫ НА ТЕРРИТОРИИ СТАВРОПОЛЬСКОГО КРАЯ

**СергейАнатолевич Антонов, Сергей Владимирович Перегудов,
Татьяна Владимировна Волошенкова**

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

Аннотация: Данное исследование направлено на оценку состояния ветви государственной защитной лесной полосы «Черкесск – Элиста – Волгоград» в рамках территории Ставропольского края. Гослесополоса играет важную роль в поддержании агролесоландшафтов и защите почв от дефляции и эрозии. Для анализа использовались данные дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) с мультиспектральными снимками спутников Sentinel 2A/2B, позволяющими оценить здоровье растительности с помощью вегетационного индекса NDVI. Результаты показали, что 32% площади государственной защитной лесной полосы находится в состоянии усыхания или полной гибели. Наименьшая сохранность насаждений была зафиксирована в Апанасенковском и Туркменском районах, где разрушено 70 и 54 % соответственно. В то же время наилучшие показатели наблюдаются в Александровском и Петровском районах с сохранностью 90 и 85 % площадей. Динамика значений NDVI свидетельствует об общем ухудшении состояния лесополосы, особенно в северных районах края. Это подчеркивает необходимость разработки мероприятий по восстановлению и поддержанию гослесополосы, в частности в условиях адаптации к изменяющимся климатическим условиям. Использование современных технологий, таких как данные дистанционного зондирования и ГИС-технологии, позволило оперативно оценивать состояние насаждений.

Ключевые слова: государственная защитная лесная полоса, гослесополоса, данные дистанционного зондирования, ГИС-технологии.

Для цитирования: Антонов С.А., Перегудов С.В., Волошенкова Т.В. Оценка состояния государственной защитной лесной полосы на территории Ставропольского края // Сельскохозяйственный журнал. 2024. № 4 (17). С. 14-23.
DOI: 10.48612/FARC/2687-1254/002.4.17.2024

Agronomy, forestry and water industry

Original article

STATUS EVALUATION OF THE STATE DEFENSIVE FOREST IN THE STAVROPOL TERRITORY

Sergei A. Antonov, Sergei V. Peregudov, Tatiana V. Voloshenkova

Federal State Budgetary Scientific Institution “North Caucasus Federal Agricultural Research Center”, Mikhailovsk, Stavropol Territory, Russia, e-mail: info@fnac.center

Abstract: This study is aimed at evaluating the condition of the branch of the state defensive forest “Cherkessk – Elista – Volgograd” within the Stavropol Territory. The state forest belt plays an important role in maintaining agroforestry landscapes and protecting soils from deflation and erosion. The analysis used Earth remote sensing data (RS) with multispectral images from Sentinel 2A/2B satellites, which make it possible to evaluate the vegetation health using the NDVI vegetation index. The results showed that 32% of the area of the state defensive forest is dying or has been lost completely. The lowest preservation rates were recorded in the Apanasenkovsky and Turkmensky districts, where 70% and 54% of the forest planting was destroyed, respectively. At the same time, the best characteristics were observed in the Aleksandrovsky and Petrovsky districts with 90 and 85% of the preserved area. The dynamics of NDVI values indicate an overall deterioration of the forest belt, particularly in the northern regions of the Territory. This highlights the need for developing restoration and maintenance measures for the state forest belt, especially in the context of adapting to changing climatic conditions. The use of modern technologies, such as remote sensing data and GIS-technologies, has enabled expeditious evaluation of the condition of the forest planting.

Keywords: state defensive forest, state forest belt, remote sensing data, GIS- technologies.

For citation: Antonov S.A., Peregudov S.V., Voloshenkova T.V. Status evaluation of the state defensive forest in the Stavropol Territory // Agricultural journal. 2024; No. 17 (4). P. 14-23. DOI: 10.48612/FARC/2687-1254/002.4.17.2024

Введение. Для степных районов, расположенных в европейской части России, характерен континентальный климат с ярко выраженным жарким и сухим летом, а также частыми ветрами. Благодаря таким условиям данная территория подвержена сильному влиянию засух. Это негативно сказывается на растениеводческой отрасли сельского хозяйства, поскольку изменение гидротермического режима приводит к трансформации всех свойств почв, включая химические и физические характеристики [1, 2].

В борьбе с засухами важную роль играют полезавитные лесные насаждения, создающие относительно влажный и умеренно теплый мезоклимат как внутри самих полос, так и на прилегающих территориях [3]. В октябре 1948 года Советом Министров СССР и ЦК ВКП(б) было принято постановление «О плане полезавитных лесонасаждений, внедрения травопольных севооборотов, строительства прудов и водоемов для обеспечения высоких и устойчивых урожаев в степных и лесостепных районах европейской части СССР», известное в народе как «Сталинский план преобразования природы» [4].

Стимулом для разработки проекта стала засуха 1946 года, приведшая к тому, что в ряде регионов юга и средней полосы России посевы основных сельскохозяйственных культур почти полностью погибли [5].

«Сталинский план преобразования природы» представлял собой комплексную программу научного управления природной средой, главным образом через создание системы лесных полос. Проект, рассчитанный на период с 1949 по 1965 год, предусматривал создание восьми крупных государственных лесных полос (ГЗЛП) в лесостепной, степной, сухостепной и полупустынной зонах СССР общей протяженностью более 5300 километров. Основная идея плана заключалась в создании сети лесополос, которые должны были служить искусственными барьерами против юго-восточных суховеев и, как следствие, способствовать изменению климата на территории площадью 120 миллионов гектаров [6].

В настоящее время сеть государственных защитных лесополос приобрела различные уникальные свойства. В ней сформировалась типичная лесная экосистема с разнообразием трав, грибов и представителей лесной фауны. Созданный на значительной протяженности лесной массив в лесостепной и степной зонах региона кардинально изменил степные ландшафты. Обеспечив условия для успешного развития сельского хозяйства, а также защиты почв и растений от неблагоприятных природных факторов, он стал мощным экологическим коридором, связывающим пять регионов европейской части России, включая и Ставропольский край [7, 2].

Ветвь «Черкесск – Элиста – Волгоград» протяженностью 570 км проходит через центральную часть Ставропольского края и состоит из четырёх полос шириной 60 м с расстоянием между ними 300 м [3].

Государственная защитная лесная полоса в рамках края пересекает три сельскохозяйственные зоны: зону неустойчивого увлажнения, засушливую и крайне засушливую зоны. Климатические особенности края существенно влияют на состояние ГЗЛП. В целом для территории края характерен недостаток осадков с тенденцией ужесточения их дефицита. Так, в период с 1961 по 2022 год годовая сумма осадков снизилась на 14 мм (3 %). В крайне засушливой зоне дефицит осадков составляет 10 %, в засушливой – 6 % [8].

Сильные ветры и высокие температуры привели к росту частоты и интенсивности пыльных бурь [9]. В связи с климатическими изменениями особенности местности становятся все более жесткими. Из-за роста экстремальности климата усиливаются засухи, растет антропогенная нагрузка. Кроме того, древостой ГЗЛП достигает предельного возраста. Все эти факторы ведут к усыханию лесополосы.

Оценить состояние ГЗЛП на всем её протяжении по территории Ставропольского края возможно с применением методов дистанционного зондирования Земли.

Современные технологии открывают широкий спектр возможностей для обработки и анализа данных. В настоящее время использование таких технологий позволяет получать оперативную информацию и обрабатывать большие массивы данных. С развитием дистанционного зондирования улучшается качество и увеличивается доступность материалов космической съемки, доступных как на коммерческой, так и на бесплатной основе. Данные материалы становятся все более популярными благодаря обширным архивным базам данных и быстрому получению новых мультиспектральных изображений [10].

Поскольку государственная защитная лесополоса занимает обширную территорию, то для ее анализа рациональнее всего использовать геоинформационные технологии (ГИС) и данные дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ).

С учетом вышеперечисленного **целью исследования** является оценка состояния государственной защитной лесной полосы на территории Ставропольского края как

важного элемента экологического каркаса и противодефляционной защиты изучаемого региона с использованием данных дистанционного зондирования Земли и ГИС-технологий.

Материал и методы исследований. Для получения данных о состоянии растительности использовались мультиспектральные данные съемки со спутников Sentinel 2A/2B, принадлежащих программе Copernicus Европейского Союза и предназначенных для мониторинга окружающей среды и изменения климата. Спутники были запущены для обеспечения высококачественных данных о Земле и её изменениях. Материалы, получаемые со спутников, распространяются под свободной лицензией и имеют пространственное разрешение 10м/pix [11]. Использованы космоснимки за следующие даты (таблица):

Таблица

Космоснимки

Table

Satellite images

Дата съемки	Наименование космоснимка
21.08.2024	S2B_MSIL2A_20240821T075609_N0511_R035_T38TLR_20240821T105934
	S2B_MSIL2A_20240821T075609_N0511_R035_T38TLQ_20240821T113401
	S2B_MSIL2A_20240821T075609_N0511_R035_T38TLR_20240821T113401
	S2B_MSIL2A_20240821T075609_N0511_R035_T37TGK_20240821T113401
01.09.2023	S2A_MSIL2A_20230901T075611_N0509_R035_T38TLR_20230901T123003
	S2A_MSIL2A_20230901T075611_N0509_R035_T38TLR_20230901T124754
	S2A_MSIL2A_20230901T075611_N0509_R035_T38TLQ_20230901T124754
	S2A_MSIL2A_20230901T075611_N0509_R035_T37TGK_20230901T124754
22.08.2022	S2B_MSIL2A_20220822T075609_N0400_R035_T38TLR_20220822T094605
	S2B_MSIL2A_20220822T075609_N0400_R035_T38TLQ_20220822T094605
	S2B_MSIL2A_20220822T075609_N0400_R035_T37TGK_20220822T094605
01.09.2021	S2A_MSIL2A_20210901T075611_N0500_R035_T38TLR_20230114T093939
	S2A_MSIL2A_20210901T075611_N0500_R035_T38TLQ_20230114T093939
	S2A_MSIL2A_20210901T075611_N0301_R035_T37TGK_20210901T105755
01.09.2020	S2B_MSIL2A_20200901T075609_N0500_R035_T38TLR_20230419T075853
	S2B_MSIL2A_20200901T075609_N0214_R035_T38TLQ_20200901T101541
	S2B_MSIL2A_20200901T075609_N0500_R035_T37TGK_20230419T075853
29.08.2019	S2B_MSIL2A_20190828T075619_N0213_R035_T38TLR_20190828T115331
	S2B_MSIL2A_20190828T075619_N0213_R035_T38TLQ_20190828T115331
	S2B_MSIL2A_20190828T075619_N0213_R035_T37TGK_20190828T115331
22.09.2018	S2B_MSIL2A_20180922T075619_N0500_R035_T38TLR_20230825T021048
	S2B_MSIL2A_20180922T075619_N0500_R035_T38TLQ_20230825T021048
	S2B_MSIL2A_20180922T075619_N0500_R035_T37TGK_20230825T021048
05.09.2017	S2A_MSIL2A_20170905T075619_N0500_R035_T38TLR_20170905T092138
	S2A_MSIL2A_20170905T075619_N0500_R035_T38TLQ_20170905T092138
	S2A_MSIL2A_20170905T075619_N0500_R035_T38TGK_20170905T092138

Выбор даты космоснимков обусловлен особенностями произрастания растительности на территории Ставропольского края. Для данной территории в выбранные периоды характерно «выгорание» травянистой растительности, что позволяет минимизировать погрешности в идентификации и сборе данных вегетирующей древесной растительности.

Получение данных проводилось методом построения модели вегетационного индекса NDVI (NormalizedDifferenceVegetationIndex), рассчитываемого по следующей формуле(1) [12, 13]:

$$NDVI = \frac{(Nir-Red)}{(Nir+Red)}, \quad (1)$$

где Nir – интенсивность отражения в ближней инфракрасной зоне спектра, Red – интенсивность отражения в красной зоне спектра.

Индекс используется для оценки здоровья и состояния растительности на основе данных дистанционного зондирования, широко применяется в экологии, сельском хозяйстве и мониторинге окружающей среды.

Для определения состояния государственной защитной лесополосы использовалась стандартная классификация значений индекса NDVI [14]:

- отмершие растения или рукотворные объекты – -1–0;
- ослабленные растения – 0–0,33;
- относительно здоровые растения – 0,33–0,66;
- полностью здоровые растения – 0,66–1.

Моделирование и обработку данных осуществляли в программе QGISv.3.22.7., свободно распространяемой, предоставляющей широкий спектр возможностей для работы с пространственными данными, позволяющей обрабатывать большие массивы данных как растрового, так и векторного характера.

Результаты исследований и их обсуждение. Лесные полосы создают каркас, обеспечивающий защиту от дефляции и водной эрозии, регулирующий мезоклимат. ГЗЛП стали началом комплексной системы лесомелиоративных мероприятий, играющую роль в преобразовании сельскохозяйственных ландшафтов в агролесоландшафты, эффективно влияя на задержание снега и влаги, улучшая водный баланс не только непосредственно в пределах полосы, но и на прилегающих территориях.

В результате геоинформационного анализа было определено, что на территории Ставропольского края ГЗЛП имеет протяженность порядка 275 км, на отдельных участках прерываясь естественными лесами, каналами и населенными пунктами.

Анализ моделирования вегетационного индекса NDVI показал, что на 68% площади лесополосы наблюдаются значения более 0,33, что говорит о неплохом состоянии деревьев. Вместе с этим на 32% площади прослеживаются крайне низкие значения NDVI (меньше 0,33), что свидетельствует о наличии усыхающих деревьев либо о полной гибели древесной растительности и замещении ее травами (рисунок 1).

Стоит учитывать, что использование данных спутников Sentinel 2A/2B, имеющих пространственное разрешение 10 м, не позволяет детектировать мелкие отдельно стоящие подрастающие деревья и кустарники.

В разрезе муниципальных образований наблюдается сильная дифференциация состояния государственной защитной лесной полосы (рисунок 1).

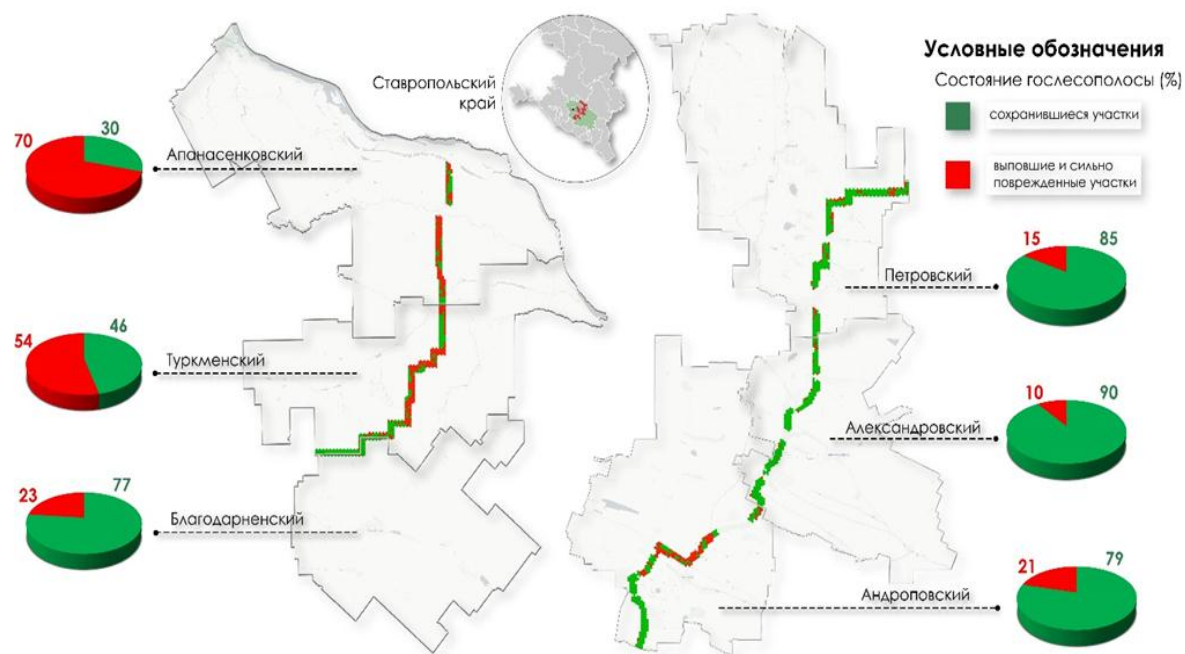


Рисунок 1. Состояние государственной защитной лесной полосы (2024 г.)
Figure 1. Status of the state defensive forest (2024)

Наименьшие показатели сохранности лесополосы отмечаются в северных районах края. Так, в Апанасенковском районе наблюдается наихудшее состояние насаждений. Здесь сохранность составила всего 30% гослесополосы. Не менее острая обстановка просматривается и в Туркменском районе, где сохранилось 46% лесополосы. Состояние насаждений в данных районах в первую очередь объясняется почвенно-климатическими условиями. Эти территории относятся к крайне засушливой сельскохозяйственной зоне, для которой характерны высокие температуры и дефицит осадков. К тому же в связи с близостью к Кумо-Манычской впадине здесь наблюдаются обширные участки с засоленным почвенным покровом.

Благодарненский район ГЗЛП пересекается незначительным участком (94га), на котором сосредоточены локальные повреждения на 23% площади.

Наилучшее состояние насаждений отмечается в центральной части края: в Александровском районе разрушено лишь 10% площади, в Петровском – сохранилось 85% площади лесополосы.

В Андроповском районе также наблюдается высокая сохранность насаждений. Здесь сильно поврежденные или полностью разрушенные участки занимают 21% площади. Для этой местности характерно наличие засоленных участков, оказавших влияние на состояние гослесополосы.

Для более подробного анализа состояния государственной защитной лесной полосы с помощью данных космической съемки был проведен анализ динамики средних значений индекса NDVI по каждому району в период с 2017 по 2024 год (рисунок 2).

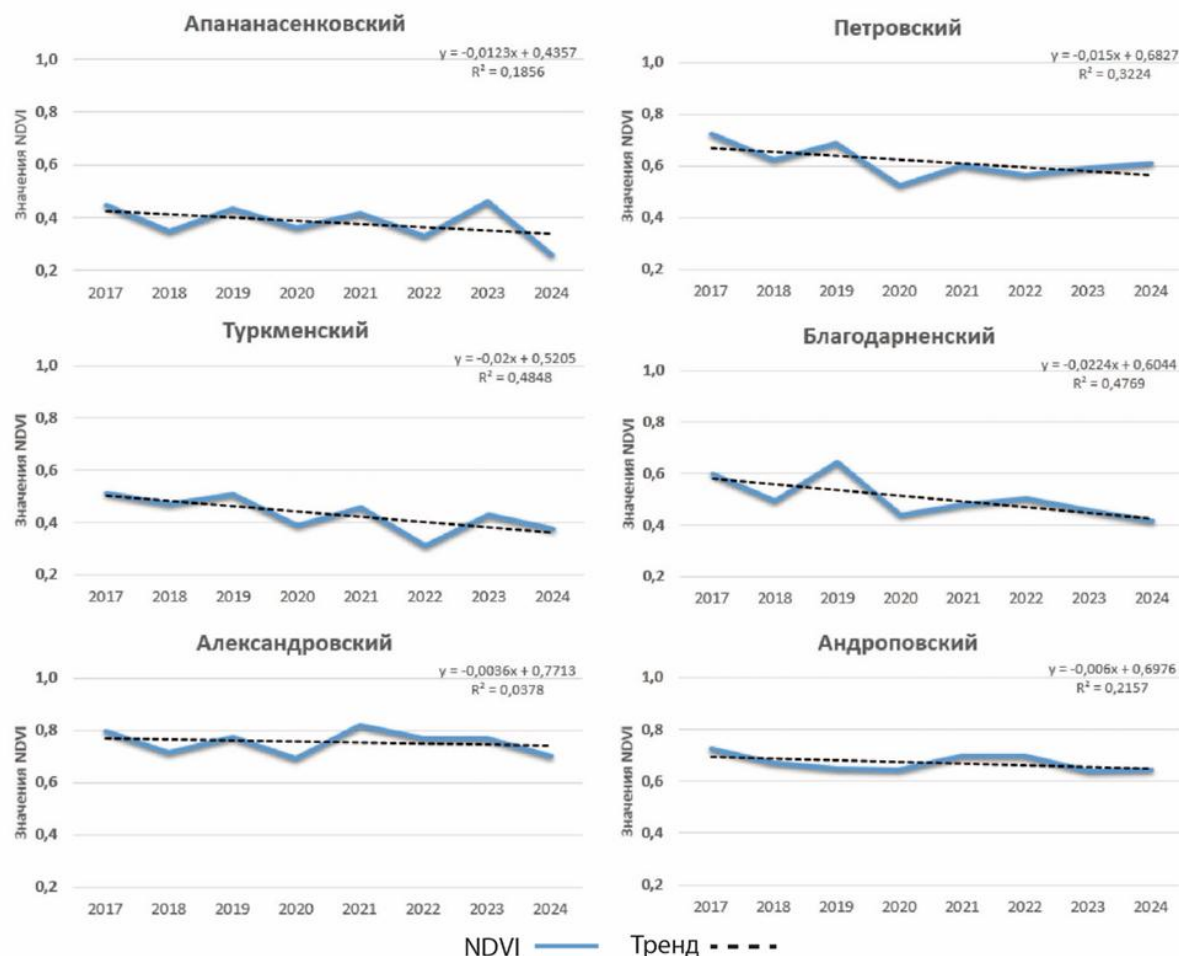


Рисунок 2. Динамика индекса NDVI государственной защитной лесной полосы по районам Ставропольского края

Figure 2. Dynamics of the NDVI index of the state defensive forest by districts of the Stavropol Territory

В целом по краю наблюдается тенденция снижения значений индекса NDVI с 0,63 в 2017 до 0,5 в 2024 году. Но на уровне муниципальных образований прослеживаются значительные отличия в динамике состояния лесополосы.

Наиболее острая обстановка наблюдается в северных районах Ставропольского края, где отмечается четкая тенденция снижения вегетационного индекса насаждений на всем периоде наблюдений. Самые низкие значения NDVI (0,26) в рамках исследования на 2024 год зафиксированы в Апанасенковском районе (категория «ослабленные растения»). При этом в 2017 году, в начале периода наблюдений, эти насаждения относились к категории «относительно здоровые растения» со значением индекса 0,45. Следовательно, можно сказать, что лесополоса находится в критическом состоянии.

В Туркменском и Благодарненском районах прослеживается схожая тенденция. Если в 2017 году в Туркменском районе среднее значение NDVI находилось на отметке 0,51, то к 2024 году оно опустилось до 0,37. В Благодарненском районе просматривается более резкое падение индекса – с 0,60 в 2017 до 0,41 в 2024 году.

В районах с наилучшей сохранностью (Александровский, Петровский, Андроповский) наблюдаются незначительные колебания значений индекса в пределах, близких или относящихся к категории «полностью здоровые растения». В Александровском

и Андроповском районах в годы исследования наблюдались стабильные значения вегетационного индекса насаждений, в то время как в Петровском районе отмечался нисходящий тренд, свидетельствующий о снижении индекса NDVI и ухудшении состояния лесной полосы.

Заключение. В результате проведенного исследования было установлено, что на территории Ставропольского края 32% площади гослесополосы занимают усыхающие деревья либо полностью погибшие и заросшие травами участки. В разрезе муниципальных образований определено, что наименьшая сохранность ГЗЛП характерна для Апанасенковского (разрушено 70% площади) и Туркменского (разрушено 54% площади) районов. Это связано с засушливостью территории, а также с засолением почв. Наилучшие показатели сохранности отмечаются в центральной части края, в Александровском и Петровском районах, где разрушено соответственно 10 и 15 % площади ГЗЛП.

Наблюдается тенденция снижения значений индекса NDVI. На уровне муниципальных образований отмечены значительные отличия в динамике состояния лесополосы. Наиболее остро проблема стоит в Апанасенковском, Туркменском и Благодарненском районах, где четко прослеживается снижение значений NDVI, что говорит об усыхании деревьев. Вместе с тем, наилучшие показатели отмечаются в Александровском и Андроповском районах, где наблюдаются незначительные колебания вегетационного индекса в пределах, близких или относящихся к категории «полностью здоровые растения». Использование данных дистанционного зондирования Земли и геоинформационных технологий позволяет проводить оперативную оценку современного состояния государственной защитной лесной полосы, необходимой для разработки мероприятий по её восстановлению.

Список источников

1. Влияние агролесомелиоративного комплекса на агрофизические свойства почвы и урожайность культур на склонах Центрального Черноземья / С.А. Тарасов, И. В. Подлесных, А. В. Прущик и др. // Земледелие. 2022. №5. С. 3–7. doi: 10.24412/0044-3913-2022-5-3-7.
2. Кулик К.Н., Манаенков А. С. Есмагулова Б.Ж. Лесная мелиорация пастбищ засушливой зоны РФ и пути повышения ее эффективности . 2021. 3 (63). С. 30–40. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-02.
3. Кулик К.Н. Современное состояние защитных лесонасаждений в Российской Федерации и их роль в смягчении последствий засух и опустынивания земель // Научно-агрономический журнал. 2022. №3 (118). С. 8–13.
4. Ковда В.А. Великий план преобразования природы. М.: Издательство Академии наук СССР. 1952. 113 с.
5. Современное состояние государственных защитных лесных полос степной и полупустынной зон, основные направления их сохранения и реабилитации / А.А. Мартынюк, Т.Я. Турчин, И.Я. Чеплянский и др. // Известия НВ АУК. 2023. 1(69). С. 78–91. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-07.
6. Засоба В.В., Чеплянский И.Я., Поповичев В.В. Семидесятилетний опыт создания государственных защитных лесных полос в степной зоне России // Научное электронное периодическое издание ЮФУ «Живые и биокосные системы». 2019. № 27. С. 3–12.
7. Бобров Р.В. Великий план преобразования природы // Лесное хозяйство 1993. № 6. С. 13–15.

8. Тенденции изменения климата в засушливых районах Ставропольского края / Т.В.Волошенкова, С.А. Антонов, А.А. Калашникова и др. // Достижения науки и техники АПК. 2023. № 11 (37). С. 5–11. doi: 10.53859/02352451_2023_37_11_5.
9. Дорошенко В.В. Пыльные бури на востоке Ставропольского края в 2017-2022 гг. // Вопросы степеведения. 2023. № 3. С. 41–48. DOI: 10.24412/2712-8628-2023-3-41-48.
10. Таранов Н.Н., Вишнякова В.В. Оценка состояния защитной гослесополосы в пределах города Волгограда средствами геоинформационного анализа // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2022. №12 (4). С. 49–53. doi:10.24412/2500-1000-2022-12-4-49-53.
11. CopernicusOpenAccessHub [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://scihub.copernicus.eu>
12. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS (Earth Resources Technology Satellite) / J. W.Rouse, R. H.Haas, J. A. Schell et al // Proceedings of 3rd Earth Resources Technology Satellite Symposium. Greenbelt, 10-14 December 1973. SP-351. С. 309-317.
13. Антонов С.А. Использование дистанционных методов для анализа сохранности защитных лесных насаждений // Известия Оренбургского Государственного Аграрного Университета. 2020. № 2 (82). С. 33–38.
14. NDVI: What a Farmer Needs to Know for Vegetation Analysis [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://eos.com/ru/blog/ndvi-voprosy-i-otvety/>

References

1. Tarasov S.A., Podlesnykh I.V., Prushchik A.V., et al. Influence of the agroforestry complex on the agrophysical properties of the soil and crop yields on the slopes of the Central Black Earth Region // Zemledelie. 2022. No. 5. P. 3–7. doi: 10.24412/0044-3913-2022-5-3-7.
2. Kulik K. N., Manaenkov A. S., Esmagulova B. Zh. Forest reclamation of pastures in the arid zone of the Russian Federation and ways to improve its efficiency // Izvestia of the Lower Volga Agro-University Complex. 2021. 3 (63). P. 30-40. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-02.
3. Kulik K. N. Current state of protective afforestations in the Russian Federation and their role in mitigating the effects of droughts and desertification of lands // Scientific and Agronomic Journal. 2022. No. 3 (118). P. 8 – 13.
4. Kovda V. A. Great plan for the transformation of nature. M.: Publishing House of the USSR Academy of Sciences. 1952. 113 p.
5. Martyniuk A. A., Turchin T. Ya., Cheplianskii I. Ya. et al. Current state of state defensive forests of the steppe and semidesert zones, the main directions of their preservation and rehabilitation. Izvestia of the Lower Volga Agro-University Complex. 2023. 1(69). 78 – 91. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-07.
6. Zasoba V. V., Cheplianskii I. Ya, Popovichev V. V. Seventy-year experience of creating state defensive forests in the steppe zone of Russia // Scientific electronic periodical publication of Southern Federal University “Live and bio-abiotic systems”. 2019. No. 27. P. 3–12.
7. Bobrov, R. V. Great plan for the transformation of nature // Forestry 1993. No. 6. P. 13–15.
8. Voloshenkova T. V., Antonov S. A., Kalashnikova A. A. et al. Climate change tendencies in arid areas of the Stavropol Territory // Achievements of science and technology of the agro-industrial complex. 2023. No. 11 (37). P. 5–11. doi: 10.53859/02352451_2023_37_11_5.
9. Doroshenko V.V. Dust storms in the east of the Stavropol Territory in 2017-2022 // Steppe Science. 2023. No. 3. P. 41–48 . DOI: 10.24412/2712-8628-2023-3-41-48.
10. Taranov N.N., Vishniakova V.V. State evaluation of the state defensive forests within the city of Volgograd by means of geoinformation analysis // International Journal of Humanities and Natural Sciences. 2022. No. 12 (4). P. 49–53 . doi:10.24412/2500-1000-2022-12-4-49-53.

11. Copernicus Open Access Hub [Electronic resource] Available at: <https://scihub.copernicus.eu/>.
12. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS (Earth Resources Technology Satellite) / J. W. Rouse, R. H. Haas, J. A. Schell et al. // Proceedings of 3rd Earth Resources Technology Satellite Symposium. Greenbelt, 10-14 December 1973. SP-351. P. 309-317.
13. Antonov S. A. Use of remote sensing methods for analyzing the safety of protective forest plantations // Izvestia Orenburg State Agrarian University. 2020. No. 2 (82). P. 33-38.
14. NDVI: What a Farmer Needs to Know for Vegetation Analysis [Electronic resource] Available at: <https://eos.com/ru/blog/ndvi-voprosy-i-otvety/>.

Сведения об авторах

Сергей Анатольевич Антонов, кандидат географических наук, ведущий научный сотрудник, зав. лаборатории ГИС-технологий «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр», тел.: 8 903409-38-27, e-mail: santosb@mail.ru, ORCID 0000-0002-5059-4439

Сергей Владимирович Перегудов, младший научный сотрудник лаборатории ГИС-технологий «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр», тел.: 8 962005-17-78, e-mail: serjoSW@yandex.ru, ORCID 0009-0009-5872-2050

Татьяна Владимировна Волошенкова, кандидат сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник, зав. лаборатории оценки экологического состояния агроценозов «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр», e-mail: tvoloshenkova@yandex.ru, ORCID 0000-0001-9323-3708

Information about the authors

S. A. Antonov, Candidate of Geographical Sciences, Leading Researcher, Head of the Laboratory of GIS-technologies, "North Caucasus Federal Scientific Agrarian Center", e-mail: santosb@mail.ru, ORCID 0000-0002-5059-4439.

S. V. Peregudov, Junior Researcher of the Laboratory of GIS-technologies, "North Caucasus Federal Scientific Agrarian Center", tel.: 8 962005-17-78, e-mail: serjoSW@yandex.ru, ORCID 0009-0009-5872-2050.

T. V. Voloshenkova, Candidate of Agricultural Sciences, Chief Researcher, Head of the Laboratory of Assessing the Ecological State of Agroecosystems, "North Caucasus Federal Scientific Agrarian Center", e-mail: tvoloshenkova@yandex.ru, ORCID 0000-0001-9323-3708.

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

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

Статья поступила в редакцию 12.11.2024; одобрена после рецензирования 22.11.2024; принята к публикации 17.10.2024.

The article was submitted 12.11.2024; approved after reviewing 22.11.2024; accepted for publication 17.10.2024.

Антонов С.А., Перегудов С.В., Волошенкова Т.В.

Сельскохозяйственный журнал. 2024. № 4 (17). С. 24-35
Agricultural journal. 2024; 17 (4). P. 24-35

Зоотехния и ветеринария

Научная статья

УДК: 636.32.38/.082.453.5

DOI: 10.48612/FARC/2687-1254/003.4.17.2024

РЕЗУЛЬТАТИВНОСТЬ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ РАННИХ ЭМБРИОНОВ ЖИВОТНЫХ (обзор)

Али-Магомет Муссаевич Айбазов

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

Аннотация. Дальнейшее развитие технологии получения и трансплантации эмбрионов напрямую зависит от качества получаемого от самок генеративного материала. Установлено, что качество ооцитов влияет на раннее эмбриональное выживание, установление и поддержание беременности, развитие плода и даже на продуктивность взрослых животных. Доказано, что способность к развитию у ооцитов приобретаетс постепенно и увеличивается с развитием фолликулов. Способность ооцита развиваться в эмбрион зависит от наличия достаточной специфической информации в форме митохондриальной РНК (мРНК) или белков. Исследователи показали, что если этой информации недостаточно, то могут возникнуть дефекты ядерного или цитоплазматического созревания или обоих процессов, влияющих на развитие оплодотворенных ооцитов. Установлено, что бо́льшую компетентность развития имеют ооциты, полученные из более крупных фолликулов по сравнению с более мелкими фолликулами. Компетентность развития ооцитов в значительной степени коррелирует с морфологией комплексов кумулюсных ооцитов. Помимо морфологических или биохимических маркеров, также были исследованы молекулярные маркеры. Несмотря на обширные исследования, до сих пор не было описано никаких специфических маркеров компетентности развития ооцитов. Показано, что условия предварительного созревания и созревания ооцитов влияют на экспрессию генов не только в ооците, но и до стадии бластоцисты.

Ключевые слова: репродукция, ооцит, эмбрион, компетентность, культивирование.

Для цитирования: Айбазов А.-М. М. Результативность культивирования ранних эмбрионов животных (обзор) // Сельскохозяйственный журнал. 2024. № 4 (17). С. 24-35.

DOI: 10.48612/FARC/2687-1254/003.4.17.2024

Zootechny and veterinary science

Original article

EFFICIENCY OF EARLY EMBRYO CULTURE OF ANIMALS (review)

Ali-Magomet M. Aibazov

Federal State Budgetary Scientific Institution “North Caucasus Federal Agricultural Research Center”, Russia, Stavropol Territory, Mikhailovsk, e-mail: info@fnac.center

Abstract. Further development of the technology of obtaining and transplanting embryos directly depends on the quality of the reproductive material obtained from females. It was established that the quality of oocytes affects early embryonic survival, the establishment and maintenance of pregnancy, fetal development and even the productivity of adult animals. It has been proven that the ability of oocytes to develop is acquired gradually and increases with the development of follicles. The ability of an oocyte to develop into an embryo depends on the presence of sufficient specific information in the form of mitochondrial RNA (mRNA) or proteins. Researchers have shown that if this information is insufficient, defects in nuclear or cytoplasmic maturation or both processes may occur, which affects the development of fertilized oocytes. It has been established that oocytes obtained from larger follicles have greater developmental competence compared to smaller follicles. The competence of oocyte development largely correlates with the morphology of cumulus oocyte complexes. In addition to morphological or biochemical markers, molecular markers have also been studied. Despite extensive research, no specific markers of oocyte developmental competence have been described so far. It has been shown that oocyte pre-maturation and maturation conditions affect gene expression not only in the oocyte but also before the blastocyst stage.

Keywords: reproduction, oocyte, embryo, competence, embryo culture.

For citation: Aibazov A.-M.M. Efficiency of early embryo culture of animals (review) // Agricultural Journal. 2024. No. 17 (4). P. 24-35.
DOI: 10.48612/FARC/2687-1254/003.4.17.2024

Введение. В недавнем прошлом основным методом получения эмбрионов был метод *in vivo*, предполагающий использование животных для сбора эмбрионов. В дальнейшем широко распространился метод *in vitro* (IVER) как от живых, так и из яичников убитых животных. В последнее десятилетие этот метод получил значительный импульс в отношении генетического улучшения и управления репродуктивностью домашних животных, а также в улучшении знаний о регуляции развития эмбрионов. Однако в процессе развития данной биотехнологии многими авторами были описаны негативные моменты, напрямую влияющие на дальнейшее использование эмбрионов [1]. Даже после существенных модификаций метода IVER с улучшенными протоколами только 30–40 % таких ооцитов достигали стадии бластоцисты для будущего использования, либо для переноса реципиенту, либо для заморозки. Было установлено, что большинство эмбрионов останавливаются на стадии эмбрионального развития 8–16 клеток. Стало очевидным, что культивирование эмбрионов после оплодотворения является наиболее критическим периодом процесса с точки зрения определения выхода бластоцисты [2]. Однако это не только причина плохой компетентности в развитии. Фактически результат IVER скорее зависит от качества и происхождения ооцитов [3], поэтому в определенных пределах условия культивирования могут не оказывать существенного влияния на способность незрелого ооцита формировать бластоцисту. Например, ооциты, полученные из яичников крупного рогатого скота, собранных на бойне или в пункте забора яйцеклеток, используются в качестве основного источника для IVER. Но эти ооциты

чрезвычайно неоднородны по уровню развития и в конечном итоге снижают эффективность переноса ядра, выхода бластоцисты, переноса эмбриона и исходов беременности. [4]. После того, как ооцит извлекается из фолликула, его способность развиваться до стадии бластоцисты более или менее определена. Таким образом, уровень развития ооцита стал важнейшей проблемой в подходах к вспомогательной репродукции как у человека, так и у разных видов домашнего скота. Уровень развития ооцита определяется как способность ооцита завершить созревание, успешно оплодотвориться и достичь стадии бластоцисты. Мейотическая и развивающая компетентность ооцитов *in vitro* связана с размером фолликула, стадией эстрального цикла и уровнем атрезии, на который влияют другие фолликулы, в основном доминантный фолликул. Более крупные фолликулы дали значительно больше ооцитов [5–7] со многими слоями гранулезных клеток и более высокой долей бластоцист, полученных *in vitro*, что позволяет предположить: более крупные фолликулы могут содержать несколько факторов роста, улучшающих морфологический и функциональный статус и выход эмбрионов [8]. С целью улучшения потенциала развития *in vitro* следует использовать ооциты, получившие достаточно фолликулярных инструкций до того, как они были собраны и созрели. Ооциты с высокой степенью компетентности, способные пройти ядерное и цитоплазматическое созревание, являются неотъемлемой чертой для высокого выхода бластоцист [9]. Временное подавление возобновления мейоза для продолжения цитоплазматического созревания *in vitro*, тем самым улучшающее развитие или модифицирующее среду созревания, выход бластоцист *in vitro* с использованием ооцитов, полученных от забитых телок и коров, редко превышает 40 % на постоянной основе. Для улучшения результатов IVER по-прежнему необходимо понимать молекулярные механизмы, происходящие во время роста фолликулов, разрабатывать анализы для скрининга компетентных ооцитов и методы улучшения цитоплазматического созревания.

1. ПОНИМАНИЕ КОМПЕТЕНТНОСТИ РАЗВИТИЯ ООЦИТА

1.1. Рост ооцита и приобретение компетенции. Во время роста ооцит накапливает в себе несколько молекул, способствующих впоследствии его созреванию, оплодотворению и раннему развитию эмбриона. Эти ключевые молекулы управляют несколькими важными событиями, происходящими как в ядре, так и в цитоплазме во время роста и созревания ооцита. Хранение пула этих молекул называется молекулярным созреванием [10] или цитоплазматическим созреванием [11]. Во время этого процесса ооцит накапливает достаточное количество мРНК, рибосом, белков и цитоплазматических органелл, таких как митохондрии, микротрубочки и т. д., для использования позже, после оплодотворения [12]. Во время данного процесса объем ооцита увеличивается примерно в 300 раз. У млекопитающих была зарегистрирована прямая и положительная корреляция между диаметром ооцита и его компетентностью развития [13–15]. Это может быть тем фактом, почему только несколько ооцитов среди морфологически похожих ооцитов развиваются в жизнеспособные бластоцисты. Кроме того, это также может быть причиной того, что ооциты, развитые *in vivo*, обладают лучшей компетенцией, чем ооциты, полученные из культивированных *in vitro* преантральных фолликулов [16]. Транскрипционная активность ооцита значительно увеличивается во время роста ооцита и уменьшается примерно в начале антральной стадии, когда ооциты достигают диаметра около 110 мкм [17–18], и ооцит способен хранить эти мРНК в течение более длительного времени без деградации. Трансляционная активность ооцита максимальна на стадии его зародышевого распада (GVBD) и снова уменьшается на стадии метафазы II [19]. Обширное ремоделирование и перераспределение внутриклеточных

органелл происходит в GVBD, на протяжении переходов к метафазе I (MI), экструзии полярных телец (PBE) и MII, включая перемещения везикул, митохондрий, аппарата Гольджи и эндоплазматического ретикулума [20], и это может повлиять на криожизнеспособность ооцитов, полученных из разных стадий мейоза [21–24]. Другие белки, такие как рибосомальные и митохондриальные белки, гистоны, гликопротеины прозрачной оболочки (ZP) и киназы, также накапливаются вокруг GVBD [25, 26].

Другим аспектом, связанным с созреванием цитоплазмы, является митохондриальный генез и их распределение между эндоплазматическим ретикуломом и оолемой [27], поскольку новые митохондрии не образуются в эмбрионе до стадии бластоцисты. Кроме того, аппарат Гольджи связан с липидными пузырьками и перемещается в подкорковую область ооцита, где он образует кортикальные гранулы, необходимые во время реакции зоны пеллюцида.

1.2. Система культивирования. Система культивирования имеет большое значение для манипуляций с гаметам и эмбрионами и их производства *in vitro*. Двумя основными проблемами, с которыми сталкиваются в системе культивирования, являются окислительный стресс [28] и неоптимальная культуральная среда [29], оказывающие неблагоприятное воздействие на ооциты и эмбрионы [30].

Генерация активных форм кислорода (АФК) считается основной причиной низкого процента производства эмбрионов *in vitro* у нескольких видов [31]. Напряжение кислорода в атмосфере обычно в 3–4 раза превышает напряжение кислорода в яйцеводе [32]. Следовательно, во время культивирования *in vitro* ооциты и эмбрионы неизбежно подвергаются большему воздействию света и высокой концентрации кислорода, чем *in vivo*, что способствует увеличению выработки АФК. Более того, АФК, образующиеся в результате нормального метаболизма во время культивирования, постоянно повреждают ооциты и эмбрионы [33]. Активные формы кислорода способны диффундировать и проходить через клеточные мембраны и изменять большинство типов клеточных молекул, таких как липиды, белки и нуклеиновые кислоты, что приводит к митохондриальным изменениям, остановке мейоза в ооцитах, эмбриональному блоку и гибели клеток [34]. Таким образом, добавление антиоксидантов в среду IVM и IVC может стать предпосылкой для улучшения онтогенетической компетентности эмбрионов при производстве *in vitro*.

1.3. Сигнальные пути, участвующие в стимуляции компетентности. Понимание молекулярных механизмов (сигнальных путей), играющих роль между клетками кумулюса и ооцитом, является окончательным ключом к изучению механизма приобретения компетенции развития ооцита и может быть полезным для повышения компетенции развития во время различных методов лечения *in vitro* или *in vivo*. Соответствующее взаимодействие между ооцитом и фолликулярными клетками необходимо для правильного развития ооцита, фолликулогенеза и перехода к овуляции [35, 36]. Эта двунаправленная связь в комплексах кумулюс-ооцит опосредуется щелевыми контактами [37] и имеет решающее значение для содействия росту клеток [38], выживанию клеток [39], подавлению лютеинизации [40] и поддержанию метаболизма клеток кумулюса (КК) [41]. Факторы, секретируемые ооцитами, – одни из важных медиаторов двунаправленной связи, регулирующей экспрессию генов в КК, связанных с созреванием ооцита и последующим развитием эмбриона. Основными факторами, регулирующими компетентность развития ооцитов, считаются фактор дифференцировки роста 9 (GDF9) и костный морфогенетический белок 15 (BMP15) [42,43]. Возможно, что BMP15 и GDF9 в сочетании активируют пути SMAD1/5/8 и SMAD2/3 и усиливают экспрессию

гиалуронансинтазы 2 (HSA2), гремлина 1 (GREM1), белка 6, индуцированного фактором некроза опухоли (TNFAIP6), рецептора эпидермального фактора роста (EGFR) и простагландин-эндопероксидсинтазы 2 (PTGS2) и т. д. в КК, которые посредством паракринного действия действуют на ооцит и дополнительно усиливают компетентность ооцита. Этот циклический механизм продолжается и помогает в приобретении компетентности развития ооцитов. Активация этих путей важна для развития ооцитов у моноовуляторных крупных животных. Добавление BMP15/GDF9 во время созревания *in vitro* (IVM) может способствовать равномерному распределению активных митохондрий, тем самым улучшая функциональную компетентность и развитие эмбриона *in vitro*.

2. МЕТОДЫ ОЦЕНКИ КОМПЕТЕНТНОСТИ ООЦИТОВ

2.1. Морфологическая основа оценки. Морфологическая оценка основана на количестве слоев и компактности кумулюса, однородности ооплазмы и выталкивании первого полярного тельца [44, 45]. Однако эти морфологические оценки недостаточно надежны, чтобы выступать в качестве единственных критериев оценки компетентности ооцитов, поэтому необходимы другие альтернативные критерии для отбора наиболее жизнеспособных ооцитов для IVER. Положительная корреляция между размером фолликула при извлечении ооцитов и скоростью бластоцисты наблюдалась у овец, что свидетельствует о том, что диаметр ооцита – определяющий фактор в приобретении мейотической компетентности у различных видов. Несмотря на это морфологическое сходство, наблюдалось транскриптомное различие в клетках кумулюса из мелких и крупных фолликулов. В частности, кумулюсные клетки из крупных фолликулов были обогащены транскриптами, регулирующими метаболизм, клеточную дифференцировку и адгезию [46].

2.2. Биохимический анализ. Во время фазы роста ооциты синтезируют различные белки, включая глюкозо-6-фосфатдегидрогеназу (G6PDH). Большая активность G6PDH наблюдается в растущих ооцитах [47], и ее активность снижается в ооцитах, завершивших фазу роста и, вероятно, достигших компетентности развития [48]. Известно, что окрашивание бриллиантовым крезиловым синим (BCB) является неинвазивным методом, поскольку позволяет отбирать только компетентные ооциты среди гетерогенного пула. Скрининг BCB основан на способности G6PDH уменьшать краситель BCB, присутствующий в ооците. Растущие ооциты, имеющие более высокую активность G6PDH, снижают BCB относительно быстрее и становятся бесцветными, тогда как полностью выросшие ооциты с меньшей активностью G6PDH остаются синими [49]. Сообщается, что BCB + COCs имеют значительно лучшую способность к развитию, чем BCB - COCs [7, 15].

2.3. Молекулярные маркеры. Морфологическая оценка, основанная на толщине и компактности кумулюса, однородности ооплазмы и выдавливании первого полярного тельца, использовалась в качестве удобных способов оценки качества ооцитов. Однако эти морфологические оценки недостаточно надежны, чтобы выступать в качестве единственных критериев оценки способности ооцитов, поэтому необходимы критерии для отбора наиболее жизнеспособных ооцитов для производства эмбрионов. Исследования экспрессии генов ооцитов выявили специфические молекулярные маркеры для характеристики успешного созревания ооцитов, большое количество генов было идентифицировано как потенциальные предикторы способности ооцитов как у крупного рогатого скота, так и у буйволов [3, 15]. Поскольку эти транскрипты выступают индикаторами состояния цитоплазматического созревания ооцита, их идентификация мо-

жет предоставить новые знания и мощный инструмент/ы для индивидуальной оценки компетентности ооцита путем анализа его кумулюсного компонента. Было обнаружено, что несколько транскриптов связаны с клетками кумулюса, но только немногие из них влияют на компетентность ооцита. Сообщалось о генах кумулюса, участвующих в компетентности ооцита: HAS2, ингибин A (INHBA), EGFR, GREM1, бетацеллюлин (BTC), кластер дифференциации (CD44), TNFAIP6 и PTGS2 и т. д. [15]. Эти дифференциально экспрессируемые гены могут быть важными маркерами способности ооцита достигать стадии бластоцисты. У человека интерлейкин 7 (IL7), идентифицированный как специфичный для созревания OSF, может быть потенциальным кандидатом для разработки скринингового теста качества яйцеклеток [50].

Заключение. Дальнейшее развитие технологии получения и трансплантации эмбрионов напрямую зависит от качества генеративного материала. Установлено, что качество ооцитов влияет на раннее эмбриональное выживание, установление и поддержание беременности, развитие плода и даже на продуктивность взрослых животных. Компетентность развития ооцитов приобретается постепенно и увеличивается с развитием фолликулов. Способность ооцита развиваться в эмбрион зависит от наличия достаточной специфической информации в форме мРНК или белков. Если этой информации недостаточно, могут возникнуть дефекты ядерного или цитоплазматического созревания или обоих процессов, что влияет на развитие оплодотворенных ооцитов *in vitro*.

Список источников

1. 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.
2. Айбазов М.М., Мамонтова Т.В. Криорезистентность эмбрионов коз в зависимости от стадии развития // Сборник научных трудов Ставропольского научно-исследовательского института животноводства и кормопроизводства, 2013. Т. 3. № 6. С. 14–17.
3. M. A. Sirard, I. Dufort, K. Coenen, K. Tremblay, L. Massicotte, C. Robert: The use of genomics and proteomics to understand oocyte and early embryo functions in farm animals. *Reproduction Suppl.* 61,117-129 (2003)
4. R. D. Schramm, A. M. Paprocki, C. A. VandeVoort: Causes of developmental failure of *in vitro* matured rhesus monkey oocytes: impairments in embryonic genome activation. *Hum Reprod* 18, 826-33 (2003) DOI: 10.1093/humrep/deg144 PMID:12660279
5. D. Rizos, F. Ward, P. Duffy, M. P. Boland, P. Lonergan: Consequences of bovine oocyte maturation, fertilization or early embryo development *in vitro* versus *in vivo*: Implications for blastocyst yield and blastocyst quality. *Mol Reprod Dev* 61, 234-248 (2002) DOI: 10.1002/mrd.1153 PMID:11803560
6. S. Gupta S. Pandey, M. S. Parmar, A. Somal, A. Paul, B. S. K. Panda, I. A. Bhat, B. Indu, M. Sarkar, V. Chandra, G. T. Sharma: Impact of oocyte-secreted factors on its developmental competence in buffalo. *Zygote* 25(3), 313-320 (2017) DOI: 10.1017/S0967199417000156 PMID:28592334
7. S. Pandey A. Somal, M. S. Parmar, S. Gupta, V. Chandra, G. SaiKumar, G. T. Sharma: Comparative analysis of developmental and molecular correlates of developmental competence of buffalo oocytes derived from small and large follicles. *Ind J Anim Sci* 87(10), 1194-1199 (2017)
8. P. Lonergan, P. Monaghan, D. Rizos, M. P. Boland, I. Gordon: Effect of follicle size on bovine oocytes quality and developmental competence following maturation, fertilization and culture *in vitro*. *Mol Reprod Dev* 37, 48 -53 (1994) DOI: 10.1002/mrd.1080370107 PMID:8129930
9. M. M. Bevers, S. J. Dieleman, R. Vandeb Hurk: Regulation and modulation of oocyte maturation in the bovine. *Theriogenology* 47(1), 13-22 (1997) DOI: 10.1016/S0093-691X(96)00335-4

-
10. M. A. Sirard, F. Richard, P. Blondin, C. Robert: Contribution of the oocyte to embryo quality. *Theriogenology* 65,126-136 (2006) DOI: 10.1016/j.theriogenology.2005.-09.020 PMid:16256189
 11. S. Pandey A. Somal, M.S. Parmar, S.Gupta, M. K. Bharti, I. A. Bhat, B. Indu, V. Chandra, G. Sai Kumar, G. T. Sharma: Effect of roscovitine on developmental competence of small follicle derived buffalo oocytes. *Indian J Med Res* 148 (Supplement), 140-150 (2018)
 12. P. Mermillod, R. Marchal: La maturation de l'ovocyte de mammiferes. *medecine/sciences m/s n* 2, 15, 148-156 (1999) DOI: 10.4267/10608/1305
 13. T. Otoi, K. Yamamoto, N. Koyama, S. Tachikawa, T. Suzuki Bovine oocyte diameter in relation to developmental competence. *Theriogenology* 48, 769 -774 (1997) DOI: 10.1016/S0093-691X(97)00300-2
 14. T. Miyano, N. Manabe: Oocyte growth and acquisition of meiotic competence. *Soc Reprod Fert* (Supplement) 63, 531-538 (2007)
 15. R. Bhardwaj, M. M. Ansari, S. Pandey, M. S. Parmar, V. Chandra, G. Sai kumar, G. Sharma Taru: GREM1, EGFR and HAS2; the oocyte competence markers for improved buffalo embryo production in vitro. *Theriogenology* 86, 2004-2011(2016) DOI: 10.1016/j.theriogenology.2016-.06.019 PMid:27448692
 16. G. T. Sharma, P. K. Dubey, A. Nath, G. Sai Kumar: Co-culture of buffalo (*Bubalus bubalis*) pre-antral follicle with antral follicle: A comparative study of developmental competence of oocytes derived from in vivo developed and in vitro cultured antral follicles. *Zygote Strategies for inducing oocyte developmental competence* 21(3), 286 - 294 (2013) DOI: 10.1017/S0967199411000700 PMid:22251772
 17. T. Fair, P. Hyttel, T. Greve: Bovine oocyte diameter in relation to maturational competence and transcriptional activity. *Mol Reprod Dev* 42, 437-442 (1995) DOI: 10.1002/mrd.1080420410 PMid:8607973
 18. E. Memili, T. Dominko, N. L. First: Onset of transcription in bovine oocytes and preimplantation embryos. *Mol Reprod Dev* 51, 36-41 (1998) DOI: 10.1002/(SICI)1098-2795(199809)51:1<36::AIDMRD4>3.0.CO;2-X
 19. W. Tomek, H. Torner, W. Kanitz: Comparative analysis of protein synthesis, transcription and cytoplasmic polyadenylation of mRNA during maturation of bovine oocytes in vitro. *Reprod Dom Anim* 37: 86-91(2002) DOI: 10.1046/j.1439-0531.2002.00336.x PMid:11975745
 20. M. Conti, F. Franciosi: Acquisition of oocyte competence to develop as an embryo: integrated nuclear and cytoplasmic events. *Hum Reprod Update* 24(3), 245-266 (2018) DOI: 10.1093/humupd/dmx040 PMid:29432538 PMCID:PMC5907346
 21. G. T. Sharma, S. D. Kharche, A. C. Majumdar: Vitriification of in vitro matured goat oocytes and its effect on in vitro fertilization. *Small Rum Res* 64; 82-86 (2006) DOI: 10.1016/j.smallrumres.2005.04.001
 22. G. T. Sharma, K. Loganathasamy: Effect of meiotic stages during in vitro maturation on the survival of vitrifiedthawed buffalo oocytes. *Veterinary Research Communication* 31 (7), 881-893(2007) DOI: 10.1007/s11259-007-0059-7 PMid:17285244
 23. Sharma G. T., P. K. Dubey, and V. Chandra: Morphological changes, DNA damage and embryonic developmental competence of in vitro matured, vitrifiedthawed buffalo (*Bubalus bubalis*) oocytes: A comparative study of two cryoprotectants and two cryodevices. *Cryobiology* 60, 315-321 (2010) DOI: 10.1016/j.cryobiol.2010.02.006 PMid:20178778
 24. P. M. Wassarman, D. F. Albertini: The mammalian ovum. In *The Physiology of Reproduction* 79-122 (1994)
 25. L. Massicotte, K. Coenen, M. Mourot, M. A. Sirard: Maternal housekeeping proteins translated during bovine oocyte maturation and early embryo development. *Proteomics* 6, 3811-3820 (2006) DOI: 10.1002/pmhc.200500803 PMid:16739132
 26. G. S. Michaels, W. W. Hauswirth, P. J. Laipis: Mitochondrial DNA copy number in bovine oocytes and somatic cells. *Dev Biol* 94, 246-251 (1982) DOI: 10.1016/0012-1606(82)90088-4

27. Michel, K., Siriboon, C., Neng-Wen, L., Nguyen, N.T., Jyh-Cherng, J., 2013. Ascorbic acid improves the developmental competence of porcine oocytes after parthenogenetic activation and somatic cell nuclear transplantation. *J. Reprod. Dev.* 59, 78
28. Mirshamsi, S., Shabankareh, H.K., 2012. Selection of developmentally competent sheep zygotes using the Brilliant Cresyl Blue (BCB) test, after IVF. *Small Rumin. Res.* 105, 250–254
29. Gardner, D.K., 2007. Dissection of culture media for embryos: the most important and less important components and characteristics. *Reprod. Fertil. Dev.* 20, 9–18.
30. De, A., Malakar, D., Akshey, Y., Jena, M., Garg, S., Dutta, R., Sahu, S., 2011. In vitro development of goat (*Capra hircus*) embryos following cysteamine supplementation of the in vitro maturation and in vitro culture media. *Small Rumin. Res.* 96, 185–190.
31. Mastroianni, L., Jones, R., 1965. Oxygen tension within the rabbit fallopian tube. *J.Reprod. Fertil.* 9, 99–102.
32. Ji-Yei, C., Jung-Taek, K., Sol-Ji, P., Su-Jin, K., Joon-Ho, M., Islam, M.S., Goo, J.,Byeong-Chun, L., 2013. Effect of 7,8-dihydroxyflavone as an antioxidant on in vitro maturation of oocytes and development of parthenogenetic embryos in pigs. *J.Reprod. Dev.* 59, 450
33. Nakamura, Y., Yamagata, Y., Sugino, N., Takayama, H., Kato, H., 2002. Nitric oxide inhibits oocyte meiotic maturation. *Biol. Reprod.* 67, 1588–1592.
34. J. J. Eppig, K. Wigglesworth, F. L. Pendola: The mammalian oocyte orchestrates the rate of ovarian follicular development. *Proc Nat Acad Sci USA* 99, Strategies for inducing oocyte developmental competence 2890-2894 (2002) DOI: 10.1073/pnas.052658699 PMid:11867735 PMCID:PMC122443
35. R.B. Gilchrist, M. Lane, J. G. Thompson: Oocytesecreted factors: regulators of CC function and oocyte quality. *Hum Reprod Update* 14, 159-77 (2008) DOI: 10.1093/humupd/dmm040 PMid:18175787
36. M. Conti, M. Hsieh, J. Y. Park, Y. Q. Su: Role of the epidermal growth factor network in ovarian follicles. *Mol Endocrinol* 20, 715-723(2006) DOI: 10.1210/me.2005-0185 PMid:16051667
37. R. Li, R.J. Norman, D.T. Armstrong, R. B. Gilchrist: Oocyte-secreted factors determine functional differences between bovine mural granulosa cells and CCs. *Biol Reprod* 63, 839-45 (2000) DOI: 10.1095/biolreprod63.3.839 PMid:10952929
38. T. S. Hussein, M. L. Sutton-McDowall, R. B. Gilchrist, J. G. Thompson: Temporal effects of exogenous oocyte-secreted factors on bovine oocyte developmental competence during IVM. *Reprod Fertil Dev* 23, 576-584 (2011) DOI: 10.1071/RD10323 PMid:21557924
39. M. L. Sutton-McDowall, D. G. Mottershead, D. K. Gardner, R. B. Gilchrist, J.G. Thompson: Metabolic differences in bovine cumulus-oocyte complexes matured in vitro in the presence or absence of folliclestimulating hormone and bone morphogenetic protein 15. *Biol Reprod* 87, 8 (2012) DOI: 10.1095/biolreprod.112.102061 PMid:22895854
40. M. L. Sutton-Mcdowall, M. Purdey, M. Hannah, A. D. A. Brown, D. G. Mottershead, P. D. Cetica, G. C. Dalvit, E. M. Goldys, R. B. Gilchrist, D. K. Gardner, J. G. Thompson: Redox and anti-oxidant state within cattle oocytes following in vitro maturation with bone morphogenetic protein 15 and follicle stimulating hormone. *Biol. Reprod.* 82, 283-294 (2015) DOI: 10.1002/mrd.22470 PMid:25721374
41. S. M. Galloway, K. P., McNatty, L. M. Cambridge, M. P. Laitinen, J. L. Juengel, T. S. Jokiranta, R. J. McLaren, K. Luiro, K. G. Dodds, G. W. Montgomery, A. E. Beattie, G. H. Davis, O. Ritvos: Mutations in an oocyte-derived growth factor gene (BMP15) cause increased ovulation rate and infertility in a dosage-sensitive manner. *Nat Genet* 25, 279-283(2000) DOI: 10.1038/77033 PMid:10888873
42. J. P. Hanrahan, S. M. Gregan, P. Mulsant, M. Mullen, G. H. Davis, R. Powell, S. M. Galloway: Mutations in the genes for oocyte-derived growth factors GDF9 and BMP15 are associated with both increased ovulation rate and sterility in Cambridge and Belclare sheep (*Ovis aries*). *Biol Reprod* 70, 900-909 (2004) DOI: 10.1095/biolreprod.103.023093 PMid:14627550

43. H. Torner, N. Ghanem, C. Ambros, M. Holker, W. Tomek, C. Phatsara, H. Alm, M. A. Sirard, W. Kanitz, K. Schellander, D. Tesfaye: Molecular and subcellular characterisation of oocytes screened for their developmental competence based on glucose-6-phosphate dehydrogenase activity. *Reproduction* 135(2), 197-212 (2008)
44. M. Verma S. Pandey, I. A. Bhat, B. Mukesh, J. Anand, V. Chandra, G. T. Sharma: Impact of L-carnitine on lipid content and post thaw survivability of buffalo embryos produced in vitro. *Cryobiology* 82, 99-105(2018) DOI: 10.1016/j.cryobiol.2018.04.001 PMid:29626464
45. K. Wigglesworth, K. B. Lee, C. Emori, K. Sugiura, J. J. Eppig: Transcriptomic diversification of developing cumulus and mural granulosa cells in mouse ovarian follicles. *Biol Reprod* 92: 1-4 (2015) DOI: 10.1095/biolreprod.114.121756 PMid:25376232 PMCID:PMC4434932
46. M. Wassarman: The mammalian ovum. In: Knobil E, Neil D, editors. *The Physiol Reprod* (Text book) 1, 69-102(1988)
47. S. A. Ericsson, M. L. Boice, H. Funahashi, B.N. Day: Assessment of porcine oocytes using brilliant cresyl blue. *Theriogenology* 39, 214 (1993) DOI: 10.1016/0093-691X(93)90069-H

References

1. 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.
2. Aibazov M.M., Mamontova T.V. Cryoresistance of goat embryos depending on the stage of development // *Collection of scientific papers of the Stavropol Research Institute of Animal Husbandry and Forage Production*, 2013. Vol. 3. No. 6. P. 14–17.
3. M. A. Sirard, I. Dufort, K. Coenen, K. Tremblay, L. Massicotte, C. Robert: The use of genomics and proteomics to understand oocyte and early embryo functions in farm animals. *Reproduction Suppl.* 61,117-129 (2003)
4. R. D. Schramm, A. M. Paprocki, C. A. VandeVoort: Causes of developmental failure of in vitro matured rhesus monkey oocytes: impairments in embryonic genome activation. *Hum Reprod* 18, 826-33 (2003) DOI: 10.1093/humrep/deg144 PMid:12660279
5. D. Rizos, F. Ward, P. Duffy, M. P. Boland, P. Lonergan: Consequences of bovine oocyte maturation, fertilization or early embryo development in vitro versus in vivo: Implications for blastocyst yield and blastocyst quality. *Mol Reprod Dev* 61, 234-248 (2002) DOI: 10.1002/mrd.1153 PMid:11803560
6. S. Gupta S. Pandey, M. S. Parmar, A. Somal, A. Paul, B. S. K. Panda, I. A. Bhat, B. Indu, M. Sarkar, V. Chandra, G. T. Sharma: Impact of oocyte-secreted factors on its developmental competence in buffalo. *Zygote* 25(3), 313-320 (2017) DOI: 10.1017/S0967199417000156 PMid:28592334
7. S. Pandey A. Somal, M. S. Parmar, S. Gupta, V. Chandra, G. SaiKumar, G. T. Sharma: Comparative analysis of developmental and molecular correlates of developmental competence of buffalo oocytes derived from small and large follicles. *Ind J Anim Sci* 87(10), 1194-1199 (2017)
8. P. Lonergan, P. Monaghan, D. Rizos, M. P. Boland, I. Gordon: Effect of follicle size on bovine oocytes quality and developmental competence following maturation, fertilization and culture in vitro. *Mol Reprod Dev* 37, 48 -53 (1994) DOI: 10.1002/mrd.1080370107 PMid:8129930
9. M. M. Bevers, S. J. Dieleman, R. Vande Hurk: Regulation and modulation of oocyte maturation in the bovine. *Theriogenology* 47(1), 13-22 (1997) DOI: 10.1016/S0093-691X(96)00335-4
10. M. A. Sirard, F. Richard, P. Blondin, C. Robert: Contribution of the oocyte to embryo quality. *Theriogenology* 65,126-136 (2006) DOI: 10.1016/j.theriogenology.2005.-09.020 PMid:16256189

11. S. Pandey A. Somal, M.S. Parmar, S.Gupta, M. K. Bharti, I. A. Bhat, B. Indu, V. Chandra, G. Sai Kumar, G. T. Sharma: Effect of roscovitine on developmental competence of small follicle derived buffalo oocytes. *Indian J Med Res* 148 (Supplement), 140-150 (2018)
12. P. Mermillod, R. Marchal: La maturation de l'ovocyte de mammiferes. *medecine/sciences m/s n 2*, 15, 148-156 (1999) DOI: 10.4267/10608/1305
13. T. Otoi, K. Yamamoto, N. Koyama, S. Tachikawa, T. Suzuki Bovine oocyte diameter in relation to developmental competence. *Theriogenology* 48, 769 -774 (1997) DOI: 10.1016/S0093-691X(97)00300-2
14. T. Miyano, N. Manabe: Oocyte growth and acquisition of meiotic competence. *Soc Reprod Fert* (Supplement) 63, 531-538 (2007)
15. R. Bhardwaj, M. M. Ansari, S. Pandey, M. S. Parmar, V. Chandra, G. Sai kumar, G. Sharma Taru: GREM1, EGFR and HAS2; the oocyte competence markers for improved buffalo embryo production in vitro. *Theriogenology* 86, 2004-2011(2016) DOI: 10.1016/j.theriogenology.2016-.06.019 PMID:27448692
16. G. T. Sharma, P. K. Dubey, A. Nath, G. Sai Kumar: Co-culture of buffalo (*Bubalus bubalis*) pre-antral follicle with antral follicle: A comparative study of developmental competence of oocytes derived from in vivo developed and in vitro cultured antral follicles. *Zygote Strategies for inducing oocyte developmental competence* 21(3), 286 - 294 (2013) DOI: 10.1017/S0967199411000700 PMID:22251772
17. T. Fair, P. Hyttel, T. Greve: Bovine oocyte diameter in relation to maturational competence and transcriptional activity. *Mol Reprod Dev* 42, 437-442 (1995) DOI: 10.1002/mrd.1080420410 PMID:8607973
18. E. Memili, T. Dominko, N. L. First: Onset of transcription in bovine oocytes and preimplantation embryos. *Mol Reprod Dev* 51, 36-41 (1998) DOI: 10.1002/(SICI)1098-2795(199809)51:1<36::AIDMRD4>3.0.CO;2-X
19. W. Tomek, H. Torner, W. Kanitz: Comparative analysis of protein synthesis, transcription and cytoplasmic polyadenylation of mRNA during maturation of bovine oocytes in vitro. *Reprod Dom Anim* 37: 86-91(2002) DOI: 10.1046/j.1439-0531.2002.00336.x PMID:11975745
20. M. Conti, F. Franciosi: Acquisition of oocyte competence to develop as an embryo: integrated nuclear and cytoplasmic events. *Hum Reprod Update* 24(3), 245-266 (2018) DOI: 10.1093/humupd/dmx040 PMID:29432538 PMCID:PMC5907346
21. G. T. Sharma, S. D. Kharche, A. C. Majumdar: Vitrification of in vitro matured goat oocytes and its effect on in vitro fertilization. *Small Rum Res* 64; 82-86 (2006) DOI: 10.1016/j.smallrumres.2005.04.001
22. G. T. Sharma, K. Loganathasamy: Effect of meiotic stages during in vitro maturation on the survival of vitrifiedthawed buffalo oocytes. *Veterinary Research Communication* 31 (7), 881-893(2007) DOI: 10.1007/s11259-007-0059-7 PMID:17285244
23. Sharma G. T., P. K. Dubey, and V. Chandra: Morphological changes, DNA damage and embryonic developmental competence of in vitro matured, vitrifiedthawed buffalo (*Bubalus bubalis*) oocytes: A comparative study of two cryoprotectants and two cryodevices. *Cryobiology* 60, 315-321 (2010) DOI: 10.1016/j.cryobiol.2010.02.006 PMID:20178778
24. P. M. Wassarman, D. F. Albertini: The mammalian ovum. In *The Physiology of Reproduction* 79-122 (1994)

25. L. Massicotte, K. Coenen, M. Mourot, M. A. Sirard: Maternal housekeeping proteins translated during bovine oocyte maturation and early embryo development. *Proteomics* 6, 3811-3820 (2006) DOI: 10.1002/pmic.200500803 PMID:16739132
26. G. S. Michaels, W. W. Hauswirth, P. J. Laipis: Mitochondrial DNA copy number in bovine oocytes and somatic cells. *Dev Biol* 94, 246-251 (1982) DOI: 10.1016/0012-1606(82)90088-4
27. Michel, K., Siriboon, C., Neng-Wen, L., Nguyen, N.T., Jyh-Cherng, J., 2013. Ascorbic acid improves the developmental competence of porcine oocytes after parthenogenetic activation and somatic cell nuclear transplantation. *J. Reprod. Dev.* 59, 78
28. Mirshamsi, S., Shabankareh, H.K., 2012. Selection of developmentally competent sheep zygotes using the Brilliant Cresyl Blue (BCB) test, after IVF. *Small Rumin. Res.* 105, 250-254
29. Gardner, D.K., 2007. Dissection of culture media for embryos: the most important and less important components and characteristics. *Reprod. Fertil. Dev.* 20, 9-18.
30. De, A., Malakar, D., Akshey, Y., Jena, M., Garg, S., Dutta, R., Sahu, S., 2011. In vitro development of goat (*Capra hircus*) embryos following cysteamine supplementation of the in vitro maturation and in vitro culture media. *Small Rumin. Res.* 96, 185-190.
31. Mastroianni, L., Jones, R., 1965. Oxygen tension within the rabbit fallopian tube. *J.Reprod. Fertil.* 9, 99-102.
32. Ji-Yei, C., Jung-Taek, K., Sol-Ji, P., Su-Jin, K., Joon-Ho, M., Islam, M.S., Goo, J.,Byeong-Chun, L., 2013. Effect of 7,8-dihydroxyflavone as an antioxidant on in vitro maturation of oocytes and development of parthenogenetic embryos in pigs. *J.Reprod. Dev.* 59, 450
33. Nakamura, Y., Yamagata, Y., Sugino, N., Takayama, H., Kato, H., 2002. Nitric oxide inhibits oocyte meiotic maturation. *Biol. Reprod.* 67, 1588-1592.
34. J. J. Eppig, K. Wigglesworth, F. L. Pendola: The mammalian oocyte orchestrates the rate of ovarian follicular development. *Proc Nat Acad Sci USA* 99, Strategies for inducing oocyte developmental competence 2890-2894 (2002) DOI: 10.1073/pnas.052658699 PMID:11867735 PMCID:PMC122443
35. R.B. Gilchrist, M. Lane, J. G. Thompson: Oocyte-secreted factors: regulators of CC function and oocyte quality. *Hum Reprod Update* 14, 159-77 (2008) DOI: 10.1093/humupd/dmm040 PMID:18175787
36. M. Conti, M. Hsieh, J. Y. Park, Y. Q. Su: Role of the epidermal growth factor network in ovarian follicles. *Mol Endocrinol* 20, 715-723(2006) DOI: 10.1210/me.2005-0185 PMID:16051667
37. R. Li, R.J. Norman, D.T. Armstrong, R. B. Gilchrist: Oocyte-secreted factors determine functional differences between bovine mural granulosa cells and CCs. *Biol Reprod* 63, 839-45 (2000) DOI: 10.1095/biolreprod63.3.839 PMID:10952929
38. T. S. Hussein, M. L. Sutton-McDowall, R. B. Gilchrist, J. G. Thompson: Temporal effects of exogenous oocyte-secreted factors on bovine oocyte developmental competence during IVM. *Reprod Fertil Dev* 23, 576-584 (2011) DOI: 10.1071/RD10323 PMID:21557924
39. M. L. Sutton-McDowall, D. G. Mottershead, D. K. Gardner, R. B. Gilchrist, J.G. Thompson: Metabolic differences in bovine cumulus-oocyte complexes matured in vitro in the presence or absence of folliclestimulating hormone and bone morphogenetic protein 15. *Biol Reprod* 87, 8 (2012) DOI: 10.1095/biolreprod.112.102061 PMID:22895854
40. M. L. Sutton-McDowall, M. Purdey, M. Hannah, A. D. A. Brown, D. G. Mottershead, P. D. Cetica, G. C. Dalvit, E. M. Goldys, R. B. Gilchrist, D. K. Gardner, J. G. Thompson: Redox and anti-oxidant state within cattle oocytes following in vitro maturation with bone morphogenetic

- protein 15 and follicle stimulating hormone. *Biol. Reprod.* 82, 283-294 (2015) DOI: 10.1002/mrd.22470 PMID:25721374
41. S. M. Galloway, K. P., McNatty, L. M. Cambridge, M. P. Laitinen, J. L. Juengel, T. S. Jokiranta, R. J. McLaren, K. Luiro, K. G. Dodds, G. W. Montgomery, A. E. Beattie, G. H. Davis, O. Ritvos: Mutations in an oocyte-derived growth factor gene (BMP15) cause increased ovulation rate and infertility in a dosage-sensitive manner. *Nat Genet* 25, 279-283(2000) DOI: 10.1038/77033 PMID:10888873
42. J. P. Hanrahan, S. M. Gregan, P. Mulsant, M. Mullen, G. H. Davis, R. Powell, S. M. Galloway: Mutations in the genes for oocyte-derived growth factors GDF9 and BMP15 are associated with both increased ovulation rate and sterility in Cambridge and Belclare sheep (*Ovis aries*). *Biol Reprod* 70, 900-909 (2004) DOI: 10.1095/biolreprod.103.023093 PMID:14627550
43. H. Torner, N. Ghanem, C. Ambros, M. Holker, W. Tomek, C. Phatsara, H. Alm, M. A. Sirard, W. Kanitz, K. Schellander, D. Tesfaye: Molecular and subcellular characterisation of oocytes screened for their developmental competence based on glucose-6-phosphate dehydrogenase activity. *Reproduction* 135(2), 197-212 (2008)
44. M. Verma S. Pandey, I. A. Bhat, B. Mukesh, J. Anand, V. Chandra, G. T. Sharma: Impact of L-carnitine on lipid content and post thaw survivability of buffalo embryos produced in vitro. *Cryobiology* 82, 99-105(2018) DOI: 10.1016/j.cryobiol.2018.04.001 PMID:29626464
45. K. Wigglesworth, K. B. Lee, C. Emori, K. Sugiura, J. J. Eppig: Transcriptomic diversification of developing cumulus and mural granulosa cells in mouse ovarian follicles. *Biol Reprod* 92: 1-4 (2015) DOI: 10.1095/biolreprod.114.121756 PMID:25376232 PMCID:PMC4434932
46. M. Wassarman: The mammalian ovum. In: Knobil E, Neil D, editors. *The Physiol Reprod* (Text book) 1, 69-102(1988)
47. S. A. Ericsson, M. L. Boice, H. Funahashi, B.N. Day: Assessment of porcine oocytes using brilliant cresyl blue. *Theriogenology* 39, 214 (1993) DOI: 10.1016/0093-691X(93)90069-H

Информация об авторе

Айбазов Магомет Муссаевич, доктор с.-х. наук, профессор, главный научный сотрудник Всероссийского НИИ овцеводства и козоводства – филиала федерального государственного бюджетного научного учреждения «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр», 355004, Российская Федерация, Ставропольский край, г. Ставрополь, пер. Зоотехнический, 15; e-mail: velikii-1@yandex.ru; тел.: +7(8652) 71-95-59.
ORCID: 0000-0002-3704-3210

Information about the author

M. M. Aibazov, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Chief Researcher of the All-Russian Research Institute of Sheep and Goat Breeding – a branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution “North Caucasus Federal Agricultural Research Center”, 355017, Stavropol, per. Zootekhnicheskii 15, tel: +7(8652) 71-95-59, e-mail: velikii-1@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-3704-3210

Статья поступила в редакцию 28.10.2024; одобрена после рецензирования 10.11.2024; принята к публикации 17.12.2024.

The article was submitted 28.10.2024; approved after reviewing 10.11.2024; accepted for publication 17.12.2024.

Сельскохозяйственный журнал. 2024. № 4 (17). С. 36-44
Agricultural journal. 2024; 17 (4). P. 36-44

Зоотехния и ветеринария

Научная статья

УДК: 636.082.12:636.22/.28.082.13

DOI: 10.48612/FARC/2687-1254/004.4.17.2024

ОСОБЕННОСТИ ПОЛИМОРФИЗМА ГЕНОВ GH, TG5, LEP У СКОТА ГЕРЕФОРДСКОЙ ПОРОДЫ

Марина Павловна Дубовскова, Евгения Семёновна Суржикова,

Дарья Дмитриевна Евлагина

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр», Россия, Ставропольский край, Михайловск,
e-mail: d1319731@yandex.ru

Аннотация. Для получения высококачественной продукции животноводства при разведении животных необходимо следовать строгим научно обоснованным методам, приёмам и нормам. Поскольку с каждым годом наблюдается рост интереса к производству мясной продукции высокого качества, важно внедрять в данную сферу новые подходы, объединяющие классические методы селекции с молекулярно-генетическими технологиями. Такая интеграция методов позволит получить максимальную экономическую выгоду в производственных процессах. Цель исследования заключалась в изучении особенностей аллельного полиморфизма генов тиреоглобулина – TG, гормона роста – GH, лептина – LEP в выборке скота мясного направления продуктивности. Исследования проведены в ОАО «Белокопанское» Ставропольского края, объекты – быки-производители ($n = 13$) и тёлки ($n = 30$) герефордской породы. ДНК-генотипирование изучаемого поголовья КРС осуществлялось методом ПЦР-ПДРФ. Полученные данные свидетельствуют, что в геноме исследованного поголовья (43 головы) у 33,3 % тёлок и 30,8 % быков имеются селекционно-значимые маркерные аллели: аллель T гена тиреоглобулина, аллель V гормона роста и аллель T – лептина. Анализ данных выявил наличие нескольких желательных генокомплексов, характеризующихся различным числом желательных аллелей генов TG, GH и LEP в выборке скота герефордской породы. Живая масса животных, в зависимости от количества маркерных аллелей, варьировала у тёлок от 440,0 до 456,0 кг; у быков – от 860,0 до 940,0 кг. Результаты представленных исследований могут быть использованы как дополнительный критерий отбора животных с целью улучшения генетического потенциала мясного скота герефордской породы.

Ключевые слова: мясной скот, герефордская порода, гены TG, GH, LEP, генокомплекс, генотип, полиморфизм, продуктивность, живая масса, промеры.

Для цитирования: Дубовскова М.П., Суржикова Е.С., Евлагина Д.Д. Особенности полиморфизма генов GH, TG5, LEP у скота герефордской породы // Сельскохозяйственный журнал. 2024. № 4 (17). С. 36-44.

DOI: 10.48612/FARC/2687-1254/004.4.17.2024

Zootechny and veterinary science

Original article

**POLYMORPHISM CHARACTERISTICS OF GH, TG5, LEP GENES IN CATTLE
OF THE HEREFORD BREED**

Marina P. Dubovskova, Evgeniia S. Surzhikova, Daria D. Evlagina

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

Abstract. In order to obtain high-quality livestock products, strict scientifically based methods, techniques and standards must be followed when breeding animals. Since every year there is an increasing interest in the production of high-quality meat products, it is important to introduce new approaches in this area that combine classical breeding methods with molecular genetic technologies. Such integration of methods will allow to obtain the maximum economic benefit in production processes. The aim of the research was to study the characteristics of allelic polymorphism of genes: thyroglobulin – TG, growth hormone – GH, leptin – LEP in a sample of beef cattle. The research was carried out in JSC “Belokopanskoe” of the Stavropol Territory. The objects were servicing bulls (n = 13) and heifers (n = 30) of the Hereford breed. DNA genotyping of the studied cattle population was carried out by PCR- RFLP method. The obtained data indicated that in the genome of the studied livestock (43 head), 33,3% of heifers and 30,8% of bulls had significant breeding marker alleles: T allele of the thyroglobulin gene, V allele of growth hormone and T allele of leptin. Data analysis revealed the presence of several desirable gene complexes characterized by a different number of desirable gene alleles: TG, GH and LEP in a sample of Hereford cattle. The live weight of animals, depending on the number of marker alleles, varied in heifers from 440,0 to 456,0 kg; in bulls – from 860,0 to 940,0 kg. The results of the presented studies can be used as an additional criterion for the selection of animals in order to improve the genetic potential of beef cattle of the Hereford breed.

Key words: beef cattle, Hereford breed, TG, GH, LEP genes, gene complex, genotype, polymorphism, productivity, live weight, measurements.

For citation: Dubovskova M.P., Surzhikova E.S., Evlagina D.D. Polymorphism characteristics of GH, TG5, LEP genes in cattle of the Hereford breed // Agricultural Journal. 2024. No. 17 (4). P. 36-44. DOI: 10.48612/FARC/2687-1254/004.4.17.2024

Введение. Рост производства мяса является одной из главных задач животноводства, в решении которой важная роль отводится мясному скотоводству как источнику производства говядины высокого качества, поэтому дальнейшее его развитие предполагает использование новых высокоэффективных генотипов [1, 2, 3].

Порода герефорд известна своими мясными качествами. С целью создания высокопродуктивных стад проводится изучение генетической ценности животных с использованием молекулярно-генетических методов для определения полиморфизма ДНК-маркеров, обуславливающих проявление в генотипе ценных селекционных признаков: интенсивности роста, живой массы, массы туши, качества мяса, его сочности и нежности, «мраморности» [4, 5]. Ген-маркер должен обладать различными аллельными

вариантами (полиморфизмом), связанными с вариативностью уровня продуктивности. Большинство хозяйственно полезных селекционных признаков имеет полиморфный характер и зависит от работы значительного числа генов. Гены, регулирующие метаболические пути, могут влиять на экономически важные признаки у сельскохозяйственных животных, такие как состав жирных кислот и уровень внутримышечного жира, в частности полиморфизм генов GH (гормона роста), TG5 (тиреоглобулина) и LEP (лептина) играет ключевую роль в формировании фенотипа животных, влияя на темпы роста, отложение жира и общий метаболизм [5, 6, 7]. Понимание этих генетических механизмов позволяет селекционерам выявлять животных с желательными генотипами и ускорять селекционный процесс, направленный на повышение продуктивности. Анализ литературных данных позволил определить гены TG, GH, LEP как генетические маркеры, а их аллели – T гена TG, V – GH и T – LEP – как желательные, селекционно-значимые [8, 9, 10]. Анализ генетической структуры популяции позволяет выявить её функциональную изменчивость, оценить насыщенность желательными аллелями генов и поставить вопрос о включении желательных генотипов в селекционный процесс.

В связи с этим **цель исследования** заключалась в изучении особенностей аллельного полиморфизма генов тиреоглобулина – TG, гормона роста – GH, лептина – LEP в выборке скота герефордской породы.

Материал и методы исследований. Исследования проведены в ОАО (племенной завод) «Белокопанское» Ставропольского края, объекты – быки-производители (n = 13) и тёлки (n = 30) герефордской породы. Работа по ДНК-генотипированию выполнена на оборудовании лаборатории иммуногенетики и ДНК-технологий ВНИИОК – филиала ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр» (свидетельство ПЖ-77 № 010734 от 03.04.2023). ДНК выделяли с использованием набора реагентов «DI Atomtm DNA Prep» (Iso Gene Lab, Москва), при ПЦР применяли наборы «Gene Pak PCRCore» (IsoGeneLab, Москва). Полиморфизм изучаемых генов определяли методом ПЦР-ПДРФ на программируемом термоджеле «Терцик» (ДНК-технология, Россия) с использованием праймеров, синтезированных в ООО «Синтол»: TG – (F: 5'-ggggatgactacgagtgatgactg-3' и R: 5'-gtgaaaatcttctggaggctgta-3'), GH – (F: 5'-gctgctcctgagggcccttcg-3' и R: 5'-gcggcgccactcatgaccct-3'), LEP – (F: 5'-tggagtggctgttttttcttct-3' и R: 5'-gtccccgcttctggctacctaftct-3'). Для рестрикции амплифицированных участков генов использовали эндонуклеазы: TG – BstX21, GH – AluI, LEP – BstMBI. Методом горизонтального электрофореза полученные продукты разделяли при напряжении 80 В в 1 x TBE от 2,0 до 2,5 %-ном агарозном геле (окрашенным бромистым этидием), после чего на трансиллюминаторе «UVT-1» осуществляли детекцию полученных результатов. Для проведения дальнейших исследований были сформированы три группы тёлочек в 22-месячном возрасте: I группа (две головы) включала животных – носителей четырёх селекционно-значимых маркерных аллелей (TG^{CT}/GH^{VV}/LEP^{CT}; TG^{CT}/GH^{LV}/LEP^{TT}), II группа (три головы) объединила животных с тремя и двумя селекционно-значимыми аллелями (TG^{CT}/GH^{LV}/LEP^{CT}; TG^{CC}/GH^{VV}/LEP^{CC}; и TG^{CC}/GH^{LV}/LEP^{CT}), в III группе (четыре головы) находились тёлки – носители одной селекционно-значимой аллели (TG^{CC}/GH^{LL}/LEP^{CT}; TG^{CT}/GH^{LL}/LEP^{CC}; TG^{CC}/GH^{LV}/LEP^{CC}). Аналогичным способом также были сформированы три группы быков-производителей в 5-летнем возрасте: I группа (одна голова) – носители генокомплекса TG^{CT}/GH^{VV}/LEP^{CT}, II группа (две головы) – TG^{CT}/GH^{LV}/LEP^{CT} и TG^{CC}/GH^{VV}/LEP^{CC} и III группа (одна голова) – TG^{CC}/GH^{LL}/LEP^{CT}. Для взятия промеров использовали мерные палку Лидтина и ленту (цена деления 1 см), для взвешивания жи-

вотных – весы «ВСП4-Ж» (цена деления 1 кг), для забора крови – пробирки с ЭДТА (10 мл). Статистический анализ результатов проходил при помощи пакета статистических программ Excel и Statistica 10.0 («StatSoft Inc.», США).

Результаты исследований и их обсуждение. Проведённый сравнительный анализ аллельного спектра генов тиреоглобулина (TG), гормона роста (GH), лептина (LEP), ассоциирующихся с мясной продуктивностью, свидетельствует о неоднозначности распределения частоты встречаемости селекционно-значимых аллелей и генотипов в исследуемой популяции крупного рогатого скота герефордской породы (таблица 1).

Таблица 1

Частота встречаемости аллельного спектра генов GH, TG, LEP
в популяции герефордской породы

Table 1

Frequency of occurrence of the allelic spectrum of genes GH, TG, LEP
in the population of the Hereford breed

Маркерные гены					
TG		GH		LEP	
TG ^T	TG ^C	GH ^V	GH ^L	LEP ^C	LEP ^T
Быки, ♂ (n = 13)					
0,08±0,053	0,92±0,053	0,19±0,077	0,81±0,076	0,88±0,064	0,12±0,063
Тёлки, ♀ (n = 30)					
0,20±0,052	0,80±0,051	0,07±0,033	0,93±0,032	0,92 ±0,035	0,08±0,035

Так, в исследуемых выборках мясного скота распределение частоты встречаемости селекционно-значимого аллеля TG^T гена тиреоглобулина (TG) в выборке быков (♂) оказалась значительно низкой (0,08), что в 2,5 раза ниже в сравнении с тёлками (♀) – 0,20. Интересно отметить, что в выборках отсутствовал желательный гомозиготный TG^{TT} вариант, а гетерозиготный TG^{TC}-генотип варьировался от 13,0 (♀) до 15,0 % (♂) соответственно (рисунок 1).

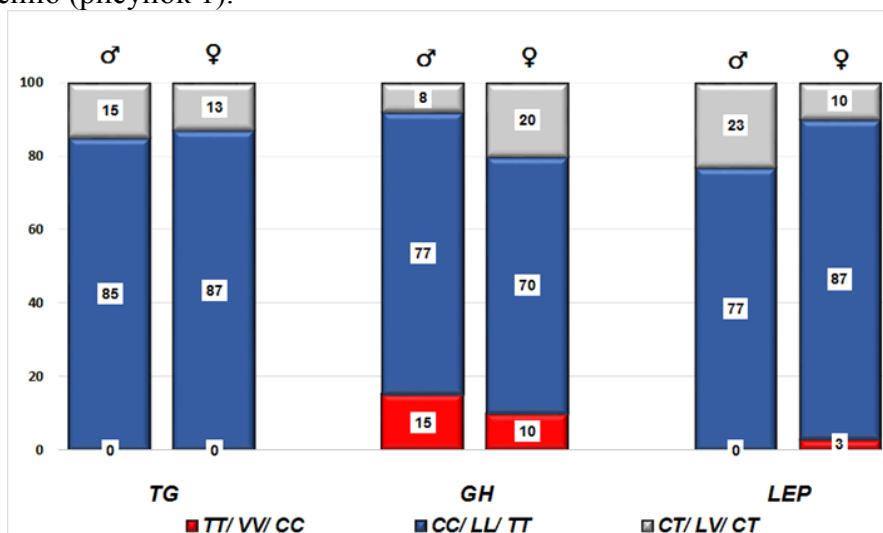


Рисунок 1. Частота встречаемости генотипов по генам GH, TG, LEP
в выборке мясного скота герефордской породы, %

Figure 1. Frequency of occurrence of genotypes for genes GH, TG, LEP in a sample
of Hereford beef cattle, %

Частота встречаемости аллеля GH^V гена гормона роста у бычков и тёлочек составила 0,19 (♂) и 0,07 (♀), что нашло отражение и в присутствии генотипов гомозиготного GH^{VV} -варианта, насчитывавшего от 10,0 до 15,0 %, и гетерозиготного GH^{LV} – от 8,0 до 20,0 %.

В выборке бычков герефордской породы частота встречаемости аллеля LEP^T гена лептина составила 0,12, что в 1,5 раза выше, чем у тёлочек (♀) – 0,08. Частота встречаемости желательного гетерозиготного генотипа LEP^{CT} исследуемого гена в популяциях герефордов равнялась 23,0 % у бычков и тёлочек – 10,0 %. Гомозиготный LEP^{TT} -генотип отсутствовал в выборке бычков, тогда как у тёлочек частота встречаемости данного генотипа составила 3,0 %.

Анализом распределения желательных генокомплексов у исследуемого мясного скота было установлено, что доля животных (бычков и тёлочек) в исследуемой выборке с комплексом генотипов, включающих четыре маркерные аллели трёх генов ($TG^{CT}/GH^{VV}/LEP^{CT}$; $TG^{CT}/GH^{VV}/LEP^{TT}$) составила 7,7 и 6,7 %, три маркерные аллели трёх генов ($TG^{CT}/GH^{LV}/LEP^{CT}$ или $TG^{CT}/GH^{VV}/LEP^{CC}$) – 7,7 и 3,3 %, носителей двух и одной маркерных аллелей трёх генов – 15,4 и 23,3 % соответственно (таблица 2).

Таблица 2

Распределение комплексов желательных генотипов
в популяции герефордской породы

Table 2

Distribution of complexes of desirable genotypes
in the Hereford breed population

Комплексные генотипы	Число желательных аллелей/генов	Частота встречаемости %
Быки, ♂ (n = 13)		
$TG^{CT}/GH^{VV}/LEP^{CT}$	4/3	7,7
$TG^{CT}/GH^{LV}/LEP^{CT}$	3/3	7,7
$TG^{CC}/GH^{VV}/LEP^{CC}$	2/3	7,7
$TG^{CC}/GH^{LL}/LEP^{CT}$	1/3	7,7
$TG^{CC}/GH^{LL}/LEP^{CC}$ (отсутствие желательных аллелей)		69,2
Тёлки, ♀ (n = 30)		
$TG^{CT}/GH^{VV}/LEP^{CT}$; $TG^{CT}/GH^{LV}/LEP^{TT}$	4/3	6,7
$TG^{CT}/GH^{LV}/LEP^{CT}$	3/3	3,3
$TG^{CC}/GH^{LV}/LEP^{CT}$; $TG^{CC}/GH^{VV}/LEP^{CC}$	2/3	10,0
$TG^{CC}/GH^{LL}/LEP^{CT}$; $TG^{CT}/GH^{LL}/LEP^{CC}$; $TG^{CC}/GH^{LV}/LEP^{CC}$	1/3	13,3
$TG^{CC}/GH^{LL}/LEP^{CC}$ (отсутствие желательных аллелей)		66,7

Полученные данные свидетельствуют, что в геноме исследованного поголовья (43 головы) у 33,3 % тёлочек и 30,8 % бычков имеются желательные маркерные аллели: аллель Т гена TG, аллель V – GH и аллель Т – LEP. Результаты ДНК-генотипирования

свидетельствуют о невысоком удельном весе особо ценных генотипов в выборке скота герефордской породы, разводимого в Ставропольском крае.

Дальнейшие исследования были направлены на изучение связи выявленных полиморфных вариантов изучаемых генов с прижизненными признаками мясной продуктивности. В результате проведения исследований проанализирована взаимосвязь полиморфных вариантов генов TG5, GH, LEP, то есть их комплексных желательных генотипов с интенсивностью роста и развития скота герефордской породы (таблица 3).

Таблица 3.

Рост и развитие быков и тёлочек герефордской породы
с маркерными полиморфными комплексами генов TG, GH и LEP

Table 3

Growth and development of Hereford bulls and heifers
with marker polymorphic complexes of TG, GH and LEP genes

Генокомплекс	Группа	Селекционный признак				
		живая масса, кг	высота в крестце, см	косая длина ту- ловища, см	обхват груди, см	среднесуточный прирост с 8 до 15 мес., г
Тёлки (возраст 22 месяца)						
TG ^{CT} /GH ^{VV} /LEP ^{CT} TG ^{CT} /GH ^{LV} /LEP ^{TT}	I	473±4,24	137±1,41	151±4,24	180,5±6,36	895±21,21
TG ^{CT} /GH ^{LV} /LEP ^{CT} TG ^{CC} /GH ^{VV} /LEP ^{CC} TG ^{CC} /GH ^{LV} /LEP ^{CT}	II	440±8,48	126±2,82	135±7,07	179±1,41	744±87,68
TG ^{CC} /GH ^{LL} /LEP ^{CT} TG ^{CT} /GH ^{LL} /LEP ^{CC} TG ^{CC} /GH ^{LV} /LEP ^{CC}	III	456,6±7,79	130±2,58	140,6±4,78	170,5±3,66	805,0±38,98
Быки-производители (возраст 5 лет)						
TG ^{CT} /GH ^{VV} /LEP ^{CT}	I	940	152	188	248	1112
TG ^{CT} /GH ^{LV} /LEP ^{CT} TG ^{CC} /GH ^{VV} /LEP ^{CC}	II	885±7,07	137,5±3,53	184,5±3,53	235±0,71	1 031±35,35
TG ^{CC} /GH ^{LL} /LEP ^{CT}	III	860	138	178	234	985

Изучение желательных комплексных генотипов в выборке исследуемых животных показало присутствие маркерных аллелей, находящихся как в гомо-, так и в гетерозиготном состоянии. Если детально рассмотреть состав генокомплексов, то можно видеть, что наибольшее число (4) желательных селекционно-значимых аллелей исследуемых генов находилось в генотипе у I группы подопытных животных, причем аллель гена GH – V находится в гомозиготном состоянии как у быка, так и тёлочек. Отмечается тенденция более высокой продуктивности у животных – носителей генокомплекса TG^{CT}/GH^{VV}/LEP^{CT} и TG^{CT}/GH^{LV}/LEP^{CT}. Так, по живой массе тёлки I группы превосхо-

дили сверстниц II и III групп на 33,0 кг (7,5 %) и на 16,4 кг (3,6 %), соответственно. Для этих животных был характерен более крупный формат туловища. По высоте в крестце, косой длине туловища и обхвату груди преимущество тёлочек I группы над сверстницами составило 7–11 см (5,3–8,7 %), 10,4–16 см (7,4–11,8 %) и 1,5–10 см (0,8–5,8 %) соответственно. В возрастной период с 8 до 15 месяцев при испытании и по собственной продуктивности интенсивность роста этих тёлочек была выше на 84,2 г (10,4 %), чем у сверстниц по стаду.

Бык-производитель – носитель комплексного генотипа ($TG^{CT}/GH^{VV}/LER^{CT}$), включающего четыре маркерных аллели трёх генов, – так же, как и тёлки, по живой массе превосходил сверстников II и III групп на 55,0 кг (6,2 %) и на 80,0 кг (9,3 %), а требования класса элита-рекорд – на 10,0 кг (1,1 %). Отмечено также преимущество и по основным промерам тела. Установленная взаимосвязь продуктивности с генотипами предполагает тенденцию маркирования основных селекционных признаков желательной комбинацией генокомплексов.

Заключение. Методом ДНК-генотипирования установлено, что у скота герефордской породы частота встречаемости селекционно-значимых аллелей составила: для гена тиреоглобулина (TG) аллель TG^T у быков (σ) – 0,08, у тёлочек (ϕ) – 0,20; аллель GH^V гена гормона роста – 0,19 (σ) и 0,07 (ϕ), аллель LER^T гена лептина (σ) – 0,12, (ϕ) – 0,08. Анализ данных выявил наличие нескольких желательных генокомплексов, характеризующихся различным числом желательных аллелей. Полученные данные свидетельствуют, что в геноме исследованного поголовья ($n = 43$) у 33,3 % тёлочек и 30,8 % быков имеются селекционно-значимые маркерные аллели. Живая масса животных в зависимости от количества маркерных аллелей варьировала у тёлочек от 440,0 до 456,0 кг; у быков – от 860,0 до 940,0 кг.

Таким образом, генетическая изменчивость животных по генам TG , GH и LER может быть использована для улучшения количественных и качественных показателей мясной продуктивности герефордов путём маркер-ассоциированной селекции.

Список источников

1. Основы разведения и воспроизводства крупного рогатого скота мясных пород / Х.А. Амерханов, А. Баймуков, Ю.А. Юлдашбаев [и др.]. // Издательский дом Альмонахъ, Алматы. 2020. 185 с.
2. Современные методы селекции при производстве говядины: учебное пособие / Х.А. Амерханов, Р.З. Абдулхаликов, А.Ф. Шевхужев, Л.Н. Скорых. Ставрополь: Сервисшкола, 2023. 193 с.
3. Дубовскова М.П. Герефорды в России и новые стимулы развития мясного скотоводства // Эффективное животноводство. 2016. № 1 (122). С. 24–26.
4. Шевхужев А.Ф. Селекционно-генетические и технологические методы повышения продуктивности мясного скота: монография / А.Ф. Шевхужев, В.А. Погодаев, Л.Н. Скорых // Ставрополь: ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ»; изд-во «Ставрополь-Сервисшкола», 2023. 196 с. ISBN 978-5-6051118-0-1.
5. Дубовскова М.П. Сочетаемость генотипов и подбор родительских пар с учетом генетических маркеров скота герефордской породы // Вестник Курганской ГСХА. 2016. № 3 (19). С. 21–24.

6. Effect of leptin, DGAT1 und TG gene polymorphisms on the intramuscular fat of Angus cattle in Hungary I. Anton, K. Kovacs, G. Hollo, V. Farkas, L. Lehel, Z. Hajda, A. Zsolnai 2011 Livestock Science, Valume 135, Issues 2-3, P.300-303.
7. Оценка взаимосвязи послеубойных качеств животных крупного рогатого скота с наличием полиморфизмов LEP 528C/T и LEP 73C/T / Н.П. Герасимов, В.И. Колпаков, Д.Б. Косян [и др.] // Животноводство и кормопроизводство. 2020. Т. 103, № 3. С. 114–126. DOI 10.33284/2658-3135-103-3-114.
8. Селионова М.И., Бобрышова Г.Т., Гребенников В.Г. Современное состояние и пути развития мясного скотоводства в Ставропольском крае // Вестник мясного скотоводства. 2016. № 2 (94). С. 120–124.
9. ДНК-генотипирование по генам CAPN1, GH, LEP ремонтного молодняка крупного рогатого скота мясного направления продуктивности / Е.С. Суржикова, Д.Д. Евлагина, Т.Н. Михайленко, О.Н. Онищенко // Сельскохозяйственный журнал. 2023. № 2 (16). С. 108–116. DOI 10.48612/FARC/2687-1254/011.2.16.2023.
10. Аллельный спектр генов соматотропинового каскада у молодняка крупного рогатого скота мясного направления продуктивности / З.К. Гаджиев, Е.С. Суржикова, Д.Д. Евлагина [и др.] // Достижения науки и техники АПК. 2023. Т. 37. № 5. С. 80–84. DOI 10.53859/02352451_2023_37_5_80.

References

1. Fundamentals of breeding and reproduction of beef cattle / Kh.A. Amerkhanov, A. Baimukov, Yu.A. Yuldashbaev [et al.]. // Almonakh Publishing House, Almaty. 2020. 185p.
2. Modern methods of breeding in beef production: a textbook / Kh.A. Amerkhanov, R.Z. Abdulkhalikov, A.F. Shevkhuzhev, L.N. Skorykh. Stavropol: Service School, 2023. 193p.
3. Dubovskova M.P. Hereford cattle in Russia and new incentives for the development of beef cattle breeding // Efficient livestock breeding. 2016. No.1 (122). P. 24–26.
4. Shevkhuzhev A.F. Selection-genetic and technological methods of increasing the productivity of beef cattle: monograph / A.F. Shevkhuzhev, V.A. Pogodaev, L.N. Skorykh. Stavropol: FSBSI “North Caucasus FARC”; publishing house “Stavropol-Service School”, 2023. 196 p. ISBN 978-5-6051118-0-1
5. Dubovskova M.P. Compatibility of genotypes and selection of parental pairs, taking into account the genetic markers of Hereford cattle // Bulletin of the Kurgan State Agricultural Academy. 2016. No.3 (19). P. 21–24.
6. Effect of leptin, DGAT1 und TG gene polymorphisms on the intramuscular fat of Angus cattle in Hungary I. Anton, K. Kovacs, G. Hollo, V. Farkas, L. Lehel, Z. Hajda, A. Zsolnai 2011 Livestock Science, Valume 135, Issues 2-3, P.300-303.
7. Evaluation of the relationship of post-slaughter qualities of cattle with the presence of polymorphisms LEP 528C/T and LEP 73C/T / N.P. Gerasimov, V.I. Kolpakov, D.B. Kosian [et al.] // Animal husbandry and fodder production. 2020. Vol. 103. No. 3. P. 114–126. DOI 10.33284/2658-3135-103-3-114.
8. Selionova M.I., Bobryshova G.T., Grebennikov V.G. Current state and ways of development of beef cattle breeding in the Stavropol Territory // Herald of Beef Cattle Breeding. 2016. No. 2(94). P. 120-124.

9. DNA genotyping by CAPN1, GH, LEP genes of herd replacements of beef cattle / E.S. Surzhikova, D.D. Evlagina, T.N. Mikhailenko, O.N. Onishchenko // Agricultural Journal. 2023. No. 2(16). P. 108–116. DOI 10.48612/FARC/2687-1254/011.2.16.2023.
10. Allelic spectrum of somatotropin cascade genes in young beef cattle / Z.K. Gadzhiev, E.S. Surzhikova, D.D. Evlagina [et al.] // Achievements of science and technology of AIC. 2023. Vol. 37. No. 5. P. 80–84. DOI 10.53859/02352451_2023_37_5_80.

Информация об авторах

Марина Павловна Дубовскова, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник. Тел.: (+7 8652) 71-72-18. E-mail: dubovskova.m@mail.ru, ORCID 0000-0001-6915-4647

Евгения Семёновна Суржикова, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник. Тел.: (+7 8652) 71-72-18. E-mail: immunogenetika@yandex.ru, ORCID 0000-0002-3955-0902

Дарья Дмитриевна Евлагина, кандидат биологических наук, научный сотрудник. Тел.: (+7 8652) 71-72-18. E-mail: d1319731@yandex.ru, ORCID 0000-0001-6101-7293

Information about the authors

M. P. Dubovskova, Doctor of Agricultural Sciences, Chief Researcher. Tel.: (+7 8652) 71-72-18. E-mail: dubovskova.m@mail.ru, ORCID 0000-0001-6915-4647

E. S. Surzhikova, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher. Tel.: (+7 8652) 71-72-18. E-mail: immunogenetika@yandex.ru, ORCID 0000-0002-3955-0902

D. D. Evlagina, Candidate of Biological Sciences, Researcher. Tel.: (+7 8652) 71-72-18. 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 03.10.2024; одобрена после рецензирования 15.10.2024; принята к публикации 17.12.2024.

The article was submitted 03.10.2024; approved after reviewing 15.10.2024; accepted for publication 17.12.2024.

Дубовскова М.П., Суржикова Е.С., Евлагина Д.Д.

Сельскохозяйственный журнал. 2024. № 4 (17). С. 45-53
Agricultural journal. 2024; 17 (4). P. 45-53

Зоотехния и ветеринария

Научная статья

УДК: 636.32/.38:611.77

DOI: 10.48612/FARC/2687-1254/005.4.17.2024

ОСОБЕННОСТИ ГИСТОСТРУКТУРЫ КОЖИ НОВОГО ПОЛУГРУБОШЕРСТНОГО ТИПА АНДИЙСКОЙ ПОРОДЫ ОВЕЦ

**Галина Викторовна Завгородняя, Ирина Ивановна Дмитрик,
Мария Ивановна Павлова**

Всероссийский научно-исследовательский институт овцеводства и козоводства – филиал федерального государственного бюджетного научного учреждения «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр», Россия, Ставропольский край, г. Михайловск, e-mail: info@fnac.center

Аннотация. В целях совершенствования и сохранения грубошерстных овец в Дагестане созданы генофондные хозяйства по каждой из пород. Исследованиями установлено, что в стадах андийской породы белой популяции имеются два условных типа: грубошерстный и полугрубошерстный. При этом овцы полугрубошерстного типа превосходят грубошерстных по живой массе, настигу шерсти и ее качественным показателям, что указывает на целесообразность создания в грубошерстной андийской породе полугрубошерстного типа. Частью проблемы познания закономерностей индивидуального развития животных является изучение формирования структуры кожи и качества шерсти, имеющего не только общебиологическое, но и большое практическое значение, особенно у овец, так как шерстный покров является основной их продукцией. В связи с этим проведенные исследования позволяют подвести научную основу для правильной разработки мероприятий, направленных на повышение производства шерсти, количество и качество которой в значительной степени зависят от структуры кожи.

Полученные результаты исследований свидетельствуют, что, исходя из проведенных ранее и настоящих исследований по сравнению грубошерстной андийской породы и отселекционированных из этой породы популяций полугрубошерстного типа, получены результаты с более высокой мясной и шерстной продуктивностью. Это подтверждается этапом исследования овчинной продукции, гистологическим исследованием образцов кожи, где преимущество нового полугрубошерстного типа молодняка составило в показателях толщины кожи и кожных слоев: пилярного слоя – 6,3 %, ретикулярного – 5,0 %; по общей толщине кожи – 5,8 %, по общей густоте волосных фолликулов – 4,2 %, по соотношению ВФ/ПФ – 22,2 %, что показывает несколько большую мясную (убойная масса – на 7,4 %) и шерстную продуктивность (настиг шерсти в чистом волокне – на 8,2 %).

Ключевые слова: овцы, порода, андийская, баранчики, грубошерстная, полугрубошерстная, новый тип, гистоструктура, кожа, слои, густота, толщина.

Для цитирования: Завгородняя Г.В., Дмитрик И.И., Павлова М.И. Особенности гистоструктуры кожи нового полугрубошерстного типа андийской породы // Сельскохозяйственный журнал. 2024. № 4 (17). С. 45-53.

DOI: 10.48612/FARC/2687-1254/005.4.17.2024

Zootechny and veterinary science

Original article

PECULIARITIES OF THE SKIN HISTOSTRUCTURE OF THE NEW SEMI-COARSE-WOOLED TYPE OF THE ANDEAN SHEEP BREED

Galina V. Zavgorodniaia, Irina I. Dmitrik, Mariia I. Pavlova

All-Russian Research Institute of Sheep and Goat Breeding – branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution “North Caucasus Federal Agricultural Research Center”, Russia, Stavropol Territory, Mikhailovsk, e-mail: info@fnac.center

Abstract. In order to improve and preserve coarse-wooled sheep, gene pool farms for each breed were created in the Dagestan. The research established that there were two basic types in the herds of the Andean breed of the white population: coarse-wooled and semi-coarse-wooled. At the same time, sheep of the semi-coarse-wooled type exceeded the coarse-wooled ones in live weight, wool yield and its quality parameters, which indicated the expediency of creating a semi-coarse-wooled type in the coarse-wooled Andean breed. A part of the problem of understanding the patterns of individual development of animals is the study of the formation of the skin structure and wool quality, which has not only general biological but also great practical significance, especially in sheep, since fleece is their main product. In this regard, the conducted studies allowed us to provide a scientific basis for the correct development of measures, which were aimed at increasing wool production, the quantity and quality of which largely depended on the skin structure.

The obtained research results indicated that based on the previous and latest studies on comparison of the coarse-wooled Andean breed and the populations of the semi-coarse-wooled type, which were selected from this breed, the results with higher meat and wool productivity were obtained. This was confirmed by the stage of the study of sheepskin products, histological examination of skin samples, where the advantage of the new semi-coarse-wooled type of young animals was in terms of skin thickness and skin layers – the papillary dermis by 6,3%, the reticular layer by 5,0% and the total skin thickness by 5,8%, and by the total density of hair follicles – by 4,2%, by the ratio of HF/PF – by 22,2%, which showed a slightly larger meat (slaughter weight by 7,4%) and wool productivity (wool yield in clean fiber by 8,2%).

Key words: sheep, breed, Andean, young rams, coarse-wooled, semi-coarse-wooled, new type, histostructure, skin, layers, density, thickness.

For citation: Zavgorodniaia G.V., Dmitrik I.I., Pavlova M.I. Peculiarities of the skin histostructure of the new semi-coarse-wooled type of the Andean sheep breed // Agricultural Journal. 2024. No. 17 (4). P. 45-53. DOI: 10.48612/FARC/2687-1254/005.4.17.2024

Введение. В настоящее время большое внимание уделяется развитию мясошерстно-молочного грубошерстного и кроссбредного овцеводства в связи с выведением новых пород и типов. Этот процесс охватил и Северный Кавказ, в том числе его горную и предгорную зоны, поэтому, учитывая специфические климатические и хозяйственно-экономические условия, изучение закономерностей постэмбрионального формирования кожного и шерстного покровов у этих овец является весьма актуальным.

Грубошерстное овцеводство – традиционная отрасль животноводства Республики Дагестан. Это направление овцеводства представлено такими породами, как лезгинская, андийская и тушинская. В целях совершенствования и сохранения грубошерстных овец в республике созданы генофондные хозяйства по каждой из пород. Исследованиями Мусалаева Х. Х. [1] установлено, что в стадах андийской породы белой популяции имеются два условных типа: грубошерстный и полугрубошерстный. При этом овцы полугрубошерстного типа превосходят грубошерстных по живой массе, настригу шерсти и ее качественным показателям, что указывает на целесообразность создания в грубошерстной андийской породе полугрубошерстного типа. Поэтому проблема качественных показателей развития отрасли требует дальнейшее создание более высокопродуктивных типов и пород. Разводимые в республике грубошерстные овцы, около 400 тыс. голов, имеют низкие показатели продуктивности: живая масса – 38–40 кг, настриг грубой шерсти – 1,8–2,0 кг. Животные характеризуются поздней спелостью[2].

Несмотря на огромный материал, накопленный по индивидуальному развитию животных, все еще мало данных о породных различиях и других важных вопросах, свидетельствующих о необходимости дальнейшего изучения возрастных изменений, происходящих в организме. Исходя из этого, поиски ученых и селекционеров посвящены созданию высокопродуктивной полугрубошерстной породы на базе совершенствования овец андийской грубошерстной породы. Исследования Гаджиева З. К.[3] доказали, что полугрубошерстные овцы андийской породы белой популяции отличаются более высокой мясной продуктивностью на 1,4 абс. процента (44,6 % убойный выход), по сравнению с грубошерстными сверстниками.

Ученым овцеводом Потаниной А. В. [4] отмечено, что среди грубошерстных овец наиболее приближенной породой к полугрубошерстному направлению продуктивности является андийская. Положительной особенностью этих овец следует считать отсутствие в шерстном покрове мертвых волос, отрицательно влияющее на производство тканей в текстильной промышленности, так как не подлежат окраске.

В исследованиях Кадиева З. К. [5] наблюдается превосходство белой популяции полугрубошерстной андийской породы над черными грубошерстными сверстниками: у валухов живая масса перед убоем была выше на 4,1 кг (на 9,1 %), убойная масса туши – на 0,9 кг (5,2 %), процент выхода – на 3,8 %.

Часть проблемы познания закономерностей индивидуального развития животных – изучение формирования структуры кожи и качества шерсти, имеющего не только общебиологическое, но и большое практическое значение, особенно у овец, так как шерстный покров является основной их продукцией. В связи с этим проведенные исследования позволяют подвести научную основу для правильной разработки мероприятий, направленных на повышение производства шерсти, количество и качество которой в значительной степени зависят от структуры кожи.

Цель исследований – дать оценку морфометрическим параметрам морфологии кожно-шерстного покрова овец нового полугрубошерстного типа андийской породы.

Материал и методы исследований. Опыт проводился в Гумбетовском районе Республики Дагестан, где создается поэтапно полугрубошерстная порода с полученным молодняком нового полугрубошерстного типа овец путем скрещивания полугрубошерстных баранов и овцематок андийской породы и отобранных в стаде белых особей полугрубошерстного типа по схеме скрещивания и разведения желательного типа в себе.

Андийские овцы – грубошерстная мясо-шерстно-молочная порода, выведенная народной селекцией в горных районах северного Дагестана, характеризующихся сильно пересеченной местностью (высота 2,0–3,5 тыс. метров над уровнем моря), а также резкой сменой температуры в течение суток. Матки и бараны рогатые. Хвост состоит из большой жировой подушки и хвостового придатка, в виде небольшого щитка закрывающего зеркало курдюка. Животные относительно мелкие: живая масса маток – 35–40 кг, лучших – до 50 кг; баранов – 50–55 кг, лучших – до 60–65 кг. Убойный выход находится в пределах 50–57 %. Овцы имеют черную и белую масть. В весенней шерсти пуха содержится 40–41 %, в осенней – 37–38 %, ости – соответственно 59–60 и 62–63 %. Мертвый и сухой волос отсутствует. Длина косиц – 20–24 см. Разница в тонине между остью и пухом небольшая. Масса руна годового роста у взрослых баранов – 2,5–2,6 кг, у маток – 1,9–2,0 кг, баранов-годовиков – 1,8–2,0 кг и у ярок-годовиков – 1,6–1,7 кг. Выход чистой шерсти: весенней – 58–67 %, осенней – до 75–80 % [6].

Содержание и кормление подопытных животных проходило на альпийском пастбище района, расположенного на высоте 2 000–2 700 метров над уровнем моря. Горные альпийские луга служат летней, а порой круглогодичным циклом, кормовой базой. Их урожайность составляет 10–12 ц сухой поедаемой массы с гектара, зимних альпийских пастбищ – 3–4 ц сухой массы с 1 гектара, поэтому в зимний период овец подкармливали по 200–300 г концентратов на одну голову.

Перед осеменением у баранов и маток, а у баранчиков в период бонитировочной кампании была проведена биопсия ножницами Купера образцов кожи в области бока (по пять голов животных из каждой группы). По горизонтальным срезам кожи ($n = 20$) изучили густоту фолликулов, отношение первичных фолликулов к вторичным; по вертикальным слоям – толщину кожи и её слоёв – эпидермиса, пилярного и ретикулярного по методикам [7, 8].

Результаты исследований и их обсуждение. Кожа и шерстный покров овец представляют собой единое целое. Они защищают внутренние органы от механических повреждений и выполняют защитную функцию, участвуют в терморегуляции и обмене веществ. По состоянию кожно-шерстного покрова овец можно получить определенное представление об их породной принадлежности.

Существенным показателем в определении качества овчин является гистоструктура самой кожной ткани, особенно ретикулярного слоя. Ретикулярный слой, в отличие от пилярного, имеет равномерную вязь более мощных пучков коллагеновых волокон, являясь поэтому самым прочным и плотным слоем дермы. Результаты исследования приводятся в таблице 1.

Исследования параметров кожи (таблица 1) баранов андийской породы разного типа шерсти показали, что несколько больше, на 5,0 %, развит у полугрубошерстных эпидермис, пилярный слой – на 3,2 %, ретикулярный слой – на 1,2 %. У маток этой же категории преимущество составило соответственно 5,4; 0,4 и 6,1 %. По общей густоте фолликулов и отношению вторичных фолликулов к первичным полугрубошерстные бараны и матки на 6,4 и 3,3 %, 27,5 и 18,7 % опережали грубошерстных сверстников, что

указывает на несколько бóльшую мясную (убойная масса – на 7,4 %) и шерстную продуктивность (настриг шерсти в чистом волокне – на 8,2 %), в отличие от животных с более грубой шерстью.

Таблица 1

Гистологические показатели кожи баранов и овцематок
андийской породы белой популяции окраса шерсти

Table 1

Histological indices of the skin of rams and ewes of the Andean breed
of white wool population

Показатели	Андийская порода			
	Половозрастная группа			
	Бараны-производители		Овцематки	
	грубошерстный тип	полу- грубошерст- ный тип	грубошерстный тип	полу- грубошерст- ный тип
Толщина слоев, мкм				
Эпидермис	18,95	19,90	19,25	20,30
Пилярный	17 85,11	1 842,22	1 698,01	1 704,25
Ретикулярный	897,52	908,31	844,22	895,99
Общая толщина	2 701,58	2 770,43	2 561,48	2 620,54
Густота фолликулов, шт. на мм ²				
ПФ	5,68	4,96	5,03	4,22
ВФ	22,07	24,57	23,11	24,85
Общая	27,75	29,52	28,14	29,07
ВФ/ПФ	3,89	4,96	4,59	5,89

У полученного потомства исследовали образцы кожи, результаты которых представлены в таблице 2.

Таблица 2

Показатели густоты фолликулов кожи баранчиков
нового полугрубошерстного типа андийской породы

Table 2

Parameters of skin follicle density of young rams of the new semi-coarse-wooled type
of the Andean breed

Половозрастная группа	Густота фолликулов, шт. на мм ²			
	ПФ	ВФ	Общая	ВФ/ПФ
Баранчики – новый полу- грубошерстный тип ан- дийской породы (возраст – 1,4 года)	4,22±0,11	28,56±0,66	32,78±0,56	6,77±0,37
Баранчики андийской по- роды (возраст – 1,4 года)	4,81±0,40	26,66±0,29	31,47±0,51	5,54±0,45

Одним из факторов, обуславливающих густоту шерсти у овец, является количество фолликулов на единицу площади кожи и в конечном итоге количество развившихся из них шерстных волокон.

Из полученных данных таблицы 2 видно, что чем грубее шерсть, тем больше пер-

вичных фолликулов (продуцируют грубый волос) находится в пилярном слое овец, поэтому в новом типе полугрубошерстной андийской породе первый показатель (ПФ) меньше на 14,0 %, а второй (ВФ) – больше на 7,1 %, а по общей густоте шерсти – на 4,2 %.

По соотношению ВФ/ПФ – критерий, показывающий высокую шерстность руна, – преимущество на 22,2 % наблюдалось у нового типа молодняка овец.

Так, научными исследованиями доказано, что в настоящее время важное селекционное значение отводится взаимосвязи между густотой фолликулов, отношением вторичных фолликулов к первичным с настригом шерсти и ее качеством. Так, например, выяснено, что овцы с высоким отношением ВФ/ПФ отличаются более тонкой, однородной и густой шерстью [9].

Второй качественный показатель, изученный у нового типа полугрубошерстного типа овец андийской породы в сравнении с чистопородными животными гистологическим методом, – показатели толщины кожи и ее слоев (таблица 3).

Таблица 3

Показатели толщины кожи баранчиков нового полугрубошерстного типа андийской породы

Table 3

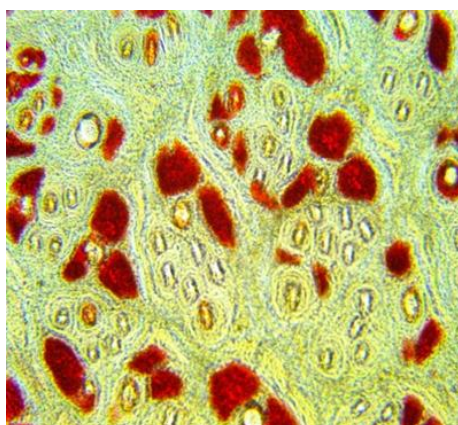
Parameters of skin thickness of young rams of the new semi-coarse-wooled type of the Andean breed

Половозрастная группа	Толщина слоев, мкм			
	эпидермис	пилярный	ретикулярный	общая толщина
Баранчики – новый полугрубошерстный тип андийской породы (возраст – 1,4 года)	25,18±0,88	1 770,98±219,74	619,46±122,49	2 415,62±343,12
Баранчики андийской породы (возраст – 1,4 года)	26,12±0,92	1 666,12±301,01	590,22±191,18	2 282,46±288,42

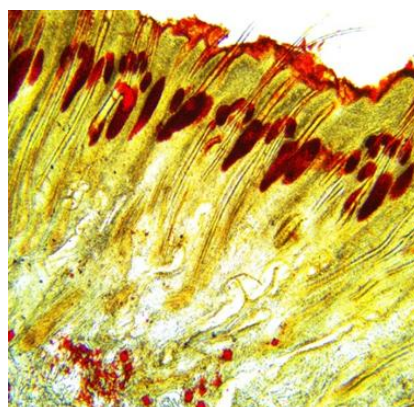
Эпидермис имеет очень важное значение, поскольку непосредственно через него осуществляется связь организма с внешней средой. Кроме того, он является репродуктором шерстного волокна [10]. Данный показатель выше у чистопородных баранчиков на 3,7 %, но находится в норме у двух сравниваемых групп.

Ретикулярный слой построен из плотной соединительной ткани, выполняет в коже механическую функцию и состоит в основном из коллагеновых волокон, от толщины и характера расположения которых зависит крепость кожи и у молодняка овец. У животных, у которых его площадь больше, наблюдаются лучшие мясные качества [11], поэтому, исходя из данных таблицы 3, новый тип молодняка на 5,0 % превышал этот показатель, по сравнению с чистопородными баранчиками. Пилярный слой состоит из рыхлой соединительной ткани, богат кровеносными сосудами [12] и является продуцентом волосных фолликулов: чем он больше, тем выше продуцирование шерстных настригов. У нового типа молодняка данный показатель превышает результат чистопородных на 6,3 %.

Гистогенез кожной ткани (рисунки 1 и 2) выявил, что по общей толщине кожи преобладали на 5,8 % помесные животные нового полугрубошерстного типа, в отличие от чистопородной популяции.



а)



б)

Рисунок 1. Гистосрез кожи баранчиков нового полугрубошерстного типа андийской породы (окраска судан, гематоксилин, $\times 500$):

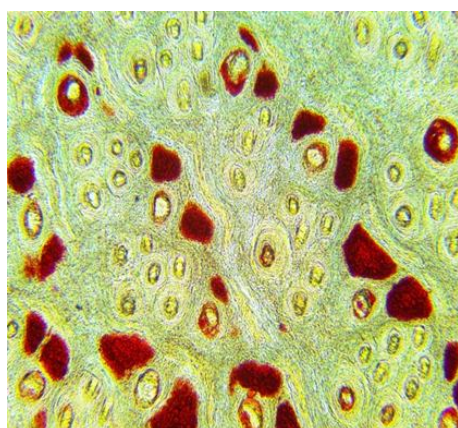
а) вертикальный срез

б) горизонтальный срез

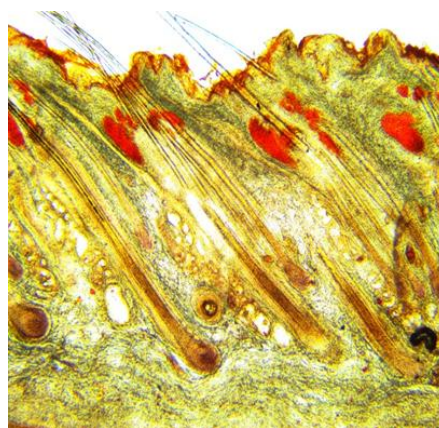
Figure 1. Hystological section of skin: young rams of the new semi-coarse-wooled type of the Andean breed (Sudan staining, hematoxylin, $\times 500$):

а) vertical section

б) horizontal section



а)



б)

Рисунок 2. Гистосрез кожи: баранчиков андийской породы (окраска судан, гематоксилин, $\times 500$):

а) вертикальный срез

б) горизонтальный срез

Figure 2. Hystological section of skin: Andean young rams (Sudan staining, hematoxylin, $\times 500$):

а) vertical section

б) horizontal section

Заключение. Полученные результаты исследований свидетельствуют о том, что, исходя из проведенных ранее и настоящих исследований по сравнению грубошерстной андийской породы и отселекционированных из этой породы популяций полугрубошерстного типа, получены результаты с более высокой мясной и шерстной продуктивностью. Это подтверждается гистологическим исследованием образцов кожи, где преимущество нового полугрубошерстного типа молодняка составило в показателях толщины кожи и кожных слоев пилярного слоя 6,3 %, ретикулярного – 5,0 %, общей толщина кожи – 5,8 %, по общей густоте волосяных фолликулов – 4,2 % и по

соотношению ВФ/ПФ – 22,2 %, что показывает несколько большую мясную (убойная масса – на 7,4 %) и шерстную продуктивность (настриг шерсти в чистом волокне – на 8,2 %).

Список источников

1. Мусалаев Х.Х. Целесообразность создания в грубошерстной андийской породе овец полугрубошерстного типа // Сельскохозяйственный журнал. 2017. № 2. С. 58–62.
2. Ежегодник по племенной работе в овцеводстве и козоводстве в хозяйствах Российской Федерации // Издательство ФГБНУ ВНИИПЛЕМ. М. 2023. 320 с.
3. Гаджиев З.К. Продуктивные особенности и мясные качества грубошерстных овец Дагестана // Международный сельскохозяйственный журнал. 2008. № 5. С. 46–47.
4. Потанина А.В. Овцеводство Дагестана и пути его дальнейшего улучшения. Махачкала. 1968. 217 с.
5. Кадиев З.К. Андийские овцы Дагестана. Махачкала: Дагест. книжное издательство. 1967. 62 с.
6. Словарь терминов и определений, используемых в овцеводстве и козоводстве / С.И. Суров, В.А. Погодаев, С.Н. Шумаенко и др. // Ставрополь, Сервис-школа. 2024. 216 с.
7. Контроль качественных показателей шерсти, мяса и овчины морфогистологическими методами / И.И. Дмитрик, Г.В. Завгородняя, Е.Г. Овчинникова и др. // Технологический регламент. 2018. 30 с.
8. Завгородняя, Г.В. Сборник некоторых гистологических показателей кожи основных пород овец / Г.В. Завгородняя, И.И. Дмитрик // Сборник (справочный). Ставрополь. 2005. 36 с.
9. Погодаев В.А., Сергеева Н.В., Завгородняя Г.В. Товарные свойства овчин и гистоструктура кожи баранчиков калмыцкой курдючной породы и помесей (1/2 калмыцкая курдючная х 1/2 дорпер) // Аграрный научный журнал. 2019. № 1. С. 58–62.
10. Дмитрик И.И., Завгородняя Г.В., Павлова М. И. Оценка полугрубой и грубой шерсти // Технологический регламент. Ставрополь 2019. 25 с.
11. Завгородняя Г.В., Дмитрик И.И., Павлова М.И. Справочник шерстооведа: Справочное пособие. Ставрополь. 2020. 90 с.
12. Дмитрик И.И., Завгородняя Г.В. Морфологические особенности кожного покрова овец // Главный зоотехник. № 4. 2020. С. 50–58.

References

1. Musalaev Kh.Kh. Expediency of developing semi-coarse-wool sheep in the coarse-wool Andean breed // Agricultural Journal. 2017. No. 2. P.58-62.
2. Yearbook on livestock breeding of sheep and goats in the farms of the Russian Federation // Publishing House of the FSBSI All-Russian Research Institute of Breeding. M. 2023. 320 p.
3. Gadzhiev Z.K. Productive features and meat qualities of coarse-wool sheep of Dagestan // International Agricultural Journal. 2008. No. 5. P. 46-47.
4. Potanina A.V. Sheep breeding in Dagestan and ways of its further improvement. Makhachkala. 1968. 217 p.
5. Kadiev Z.K. Andean sheep of Dagestan. Makhachkala: Dagestan book printing establishment. 1967. 62 p.
6. Dictionary of terms and definitions used in sheep and goat breeding / S.I. Surov, V.A. Pogodaev, S.N. Shumaenko, etc. // Stavropol, Service School. 2024. 216 p.

7. Control of quality indicators of wool, meat and sheepskin by morphohistological methods/ I.I. Dmitrik, G.V. Zavgorodniaia, E.G. Ovchinnikova et al. // Process regulation. 2018. 30 p.
8. Zavgorodniaia, G.V. Collection of some histological parameters of the skin of the main breeds of sheep/ G.V. Zavgorodniaia, I.I. Dmitrik // Collection (reference). Stavropol. 2005. 36 p.
9. Pogodaev V.A., Sergeeva N.V., Zavgorodniaia G.V. Commodity properties of sheepskins and histostructure of the skin of young rams of the Kalmyk fat-tailed breed and crossbreeds (½ Kalmyk fat-tailed x ½ Dorper) // The Agrarian Scientific Journal. 2019. No. 1. P. 58-62.
10. Dmitrik I.I., Zavgorodniaia G.V., Pavlova M. I. Evaluation of semi-coarse and coarse wool // Process regulations. Stavropol 2019. 25 p.
11. Zavgorodniaia G.V., Dmitrik I.I., Pavlova M.I. Handbook for woolgrowers: Reference Book. Stavropol. 2020. 90 p.
12. Dmitrik I.I., Zavgorodniaia G.V. Morphological features of the sheep skin // Head of Animal Breeding. No. 4. 2020. P.50-58.

Сведения об авторах

Завгородняя Галина Викторовна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории морфологии и качества продукции, Россия, г. Ставрополь, mss.galina@list.ru ORCID: 0009-0000-7991-9930

Дмитрик Ирина Ивановна, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, главный научный сотрудник лаборатории морфологии и качества продукции. Россия, Ставрополь. E-mail: Morfologia.sniizhk@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-8117-295X

Мария Ивановна Павлова, старший научный сотрудник лаборатории морфологии и качества продукции. Россия, г. Ставрополь, тел. 8 (8652) 71-57-31, e-mail: info@fnac.center, ORCID: 0009-0006-1134-0141

Information about the authors

G. V. Zavgorodniaia, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Leading Researcher, Laboratory of Morphology and Product Quality, Russia, Stavropol, E-mail: mss.galina@list.ru, ORCID:0009-0000-7991-9930

I. I. Dmitrik, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Chief Researcher, Laboratory of Morphology and Product Quality, Russia, Stavropol, E-mail: Morfologia.sniizhk@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-8117-295X

M. I. Pavlova, Senior Researcher, Laboratory of Morphology and Product Quality, Russia, Stavropol, tel. 8-865-2-71-57-31, E-mail: info@fnac.center, ORCID: 0009-0006-1134-0141

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 16.10.2024; одобрена после рецензирования 25.10.2024; принята к публикации 17.12.2024.

The article was submitted 16.10.2024; approved after reviewing 25.10.2024; accepted for publication 17.12.2024.

Завгородняя Г.В., Дмитрик И.И., Павлова М.И.

Сельскохозяйственный журнал. 2024. № 4 (17). С. 54-63
Agricultural journal. 2024; 17 (4). P. 54-63

Зоотехния и ветеринария

Научная статья

УДК: 636.39.034 (470)

DOI: 10.48612/FARC/2687-1254/006.4.17.2024

ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ КОЗ ЗААНЕНСКОЙ ПОРОДЫ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ И ИХ МОЛОЧНАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ

Екатерина Дмитриевна Карпова, Александр Иванович Суров,

Валерия Руслановна Алимова, Анна Максимовна Фирсова

ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр», Россия, 355004,
Ставропольский край, Шпаковский район, г. Михайловск, ул. Никонова, д. 49, e-mail:
info@fnac.center

Аннотация. Мониторинг численности и молочной продуктивности коз в России играет ключевую роль в развитии сельского хозяйства. Разведение этих животных становится экономически выгодным и перспективным направлением. Для успешной поддержки и развития молочного козоводства в Российской Федерации необходимо учитывать численность поголовья и качество продукции. Козье молоко является ценным продуктом, а зааненская порода отличается высокой продуктивностью в этой области. Целью работы стал анализ численности и молочной продуктивности зааненских коз в России, а также изучение основных показателей химического состава молока. В статье проанализирована и изучена динамика численности зааненских коз в период с 2019 по 2022 год в таких хозяйствах, как ООО «КМК Надеждинский», ООО «Лукоз», ООО «Экоферма Климовская», ООО «КХ «Русь-1», ООО «Пионер агро парк», ООО «Березка». В лаборатории перспективных молочных ресурсов ВНИИОК – филиала ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ» с февраля по июль 2024 года был проведён анализ шестидесяти образцов молочной продукции (козье молоко), произведенных на КМК «Надеждинский» в Ставропольском крае. В соответствии с протоколом исследования определены: массовая доля жира – 3,83 %; белка – 3,15 %; лактозы – 3,55 %; СОМО – 6,37 %; сухих веществ – 10,20 %; плотность – 1 028 кг/м³ и калорийность – 64,34 ккал/г. Полученные данные соответствуют общероссийским показателям. Козы зааненской породы демонстрируют высокую продуктивность и отличное качество молока, что укрепляет позиции российских производителей на рынке. Анализатор «ИнфраМилк» предоставляет точные и надёжные данные, открывая новые возможности для стратегического планирования и совершенствования производственных процессов. Внедрение современных технологий и методов управления фермами, а также поддержка научных проектов в этой области позволят и дальше успешно развивать козоводство и удовлетворять растущий спрос на качественное молоко как в стране, так и за её пределами.

Ключевые слова: молочное козоводство, зааненские козы, статистика численности, продуктивность, химический состав молока.

Для цитирования: Карпова Е.Д., Суров А.И., Алимова В.Р., Фирсова А.М. Динамика численности коз зааненской породы в Российской Федерации и их молочная продуктивность // Сельскохозяйственный журнал. 2024. № 4 (17). С. 54-63.
DOI: 10.48612/FARC/2687-1254/006.4.17.2024

Zootechny and veterinary science

Original article

DYNAMICS OF THE NUMBER OF SAANEN GOATS IN THE RUSSIAN FEDERATION AND THEIR MILK YIELD

Ekaterina D. Karpova, Aleksandr I. Surov, Valeriia R. Alimova, Anna M. Firsova
FSBSI “North Caucasus Federal Agricultural Research Center”, Russia, 355004, Stavropol Territory, Shpakovsky District, Mikhailovsk, Nikonov str., 49, e-mail: info@fnac.center

Abstract. Monitoring the number and milk yield of goats in Russia plays a key role in the development of agriculture. Breeding of these animals is becoming an economically advantageous and promising area. For the successful support and development of dairy goat breeding in the Russian Federation, it is necessary to take into account the number of livestock and the quality of products. Goat milk is a valuable product, and the Saanen breed is highly productive in that respect. The purpose of the work is to analyze the number and milk yield of Saanen goats in Russia, as well as to study the main characteristics of the chemical composition of milk. This paper concentrates on the analysis and the study of the dynamics of the number of Saanen goats in the period from 2019 to 2022 in such farms as: Goat milk complex (GMC) Nadezhdinskii LLC, Lukoz LLC, Eco-farm Klimovskaia LLC, Farm household Rus – 1 LLC, Pioneer Agro Park LLC, Berezka LLC. From February to July 2024, 60 samples of dairy products (goat milk), which were produced at GMC Nadezhdinskii in the Stavropol Territory were analysed in the laboratory of promising dairy resources of VNIIOK (All-Russian Research Institute of Sheep and Goat Breeding) – a branch of the FSBSI “North Caucasus Federal Agricultural Research Center”. According to the study protocol, the following were determined: fat mass fraction – 3,83%; protein – 3,15%; lactose – 3,55%; nonfat milk solids – 6,37%; dry solids – 10,20%; density – 1028 kg/m³ and energy value – 64,34 kcal/g. The obtained data correspond to average parameters of Russia. Saanen goats demonstrate high productivity and excellent milk quality, which strengthens the position of Russian producers in the market. The analyser “InfraMilk” provides accurate and reliable data, opening up new opportunities for strategic planning and improvement of production processes. The introduction of modern technologies and methods of farm management, as well as support for scientific projects in this area will continue to develop goat breeding successfully and meet the growing demand for high-quality milk both in the country and abroad.

Keywords: dairy goat breeding, Saanen goats, population statistics, productivity, chemical composition of milk.

For citation: Karpova E.D., Surov A.I., Alimova V.R., Firsova A.M. Dynamics of the number of Saanen goats in the Russian Federation and their milk yield // Agricultural Journal. 2024. No. 17 (4). P. 54-63. DOI: 10.48612/FARC/2687-1254/006.4.17.2024

Введение. В последние годы наблюдается значительный рост числа фермеров, занимающихся разведением мелкого рогатого скота. Увеличение объема козьего молока на внутреннем рынке побуждает потенциальных покупателей вновь задуматься о его полезных свойствах [1]. Если ранее целебные качества козьего молока воспринимались как нечто абстрактное, то сегодня существует множество научных и лабораторных исследований, подтверждающих их эффективность [2]. В условиях растущего спроса на натуральные и полезные продукты питания выбор подходящих пород коз становится ключевым фактором для достижения высокой продуктивности и эффективности производства [3]. К одной из самых популярных и востребованных молочных пород коз относится зааненская, обладающая уникальными характеристиками и преимуществами. Эти животные обладают множеством достоинств, делающих их предпочтительнее других пород молочного направления продуктивности: легко адаптируются к различным климатическим условиям, эффективно используют малопродуктивные пастбища и могут усваивать до 60,0 % кормов с высоким содержанием клетчатки [4]. Высокая плодовитость – ещё один важный аспект породы, благодаря чему зааненские козы часто становятся основой для создания новых, ещё более продуктивных пород [5, 6]. Животные приспособлены к машинному доению, что существенно облегчает процесс получения молока и делает их привлекательными как для крупных сельскохозяйственных предприятий, так и для небольших фермерских хозяйств. Грудная клетка объемная, также, как и вымя, с хорошо выраженными молочными железами [7]. Зааненские козы отличаются высокой молочной продуктивностью: после окота удой может достигать 4,5 кг и сохраняться на данном уровне до пяти месяцев при надлежащем уходе. В течение года они способны производить до 700 кг молока, а при оптимальных условиях содержания – свыше 1 000 кг (зарегистрированный рекорд по объему молока за лактацию составляет 2 235 литров) [8].

Именно благодаря своим исключительным характеристикам зааненские козы завоевали популярность по всему миру. Они славятся не только высокой молочной продуктивностью, но и отличным качеством молока с высоким уровнем жира, но при этом его жировые гранулы значительно меньше, чем у коровьего молока, что делает его легко усвояемым продуктом, а также с нежным вкусом и без ярко выраженного специфического запаха [9, 10, 11].

Цель данной работы – провести анализ численности поголовья и молочной продуктивности зааненских коз в Российской Федерации и проанализировать основные показатели химического состава молока, полученного от этой породы.

Материал и методы исследований. В период с февраля по июль 2024 года был проведён химический анализ шестидесяти образцов реализованной молочной продукции (козье молоко), производимой в КМК «Надеждинский» Ставропольского края. На базе ВНИИОК – филиала ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ», в лаборатории перспективных молочных ресурсов, изучали при помощи анализатора «ИнфраМилк» согласно протоколу исследования качественные показатели молока: процентное содержание жира, белка, лактозы, СОМО, плотности и калорийности (ГОСТ 32255-2013) [12]. При статистическом анализе полученных данных использовали методику, предложенную Н. А. Плохинским (1980), компьютерные программы BioStat, Excel [13].

За основу изучения динамики численности и анализа поголовья и его продуктивности были взяты данные из Федеральной службы государственной статистики, Министерства сельского хозяйства Российской Федерации, Федеральной таможенной службы, ФГБНУ ВНИИплем, Национального союза овцеводов [14, 15].

Результаты исследований и их обсуждение. На 1 января 2023 года, по данным ФГБНУ ВНИИплем, численность коз зааненской породы в РФ в 2022 году достигла 42,67 тысяч голов, что на 21,23 % (7,47 тыс. голов) больше, чем в 2021 году, и на 20,51% (7,26 тыс. голов) – чем в 2020 году. Существенная разница наблюдается в сравнении с 2019 годом, когда численность составляла 29,77 тысяч голов, что даёт прирост в 43,33 % (12,9 тыс.) (рисунок 1) [14].

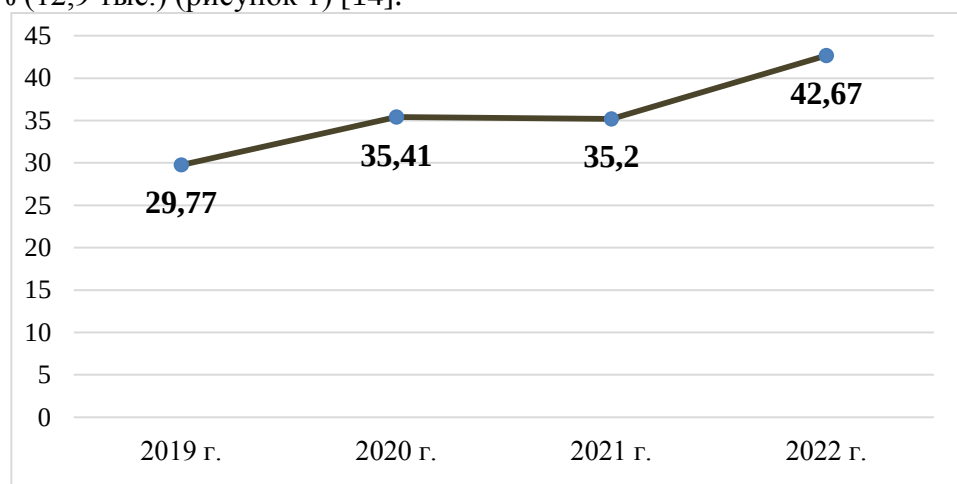


Рисунок 1. Численность поголовья коз зааненской породы в сельхозорганизациях за 2019-2022 гг.

Figure 1 – Number of Saanen goats in agricultural organizations for 2019–2022.

На территории Российской Федерации функционирует шесть племенных репродукторов, занимающихся разведением зааненской породы коз. Наиболее крупные по численности животных репродукторы – ООО «КМК Надеждинский», Ставропольский край (2 366 голов); ООО «Лукоз», Республика Марий Эл (2 090 голов); ООО «Экоферма Климовская», Калужская область (1 223 головы); ООО «КХ «Русь-1», Ставропольский край (354 головы); ООО «Пионер агро парк», Тамбовская область (322 головы); ООО «Березка», Курская область (277 голов) [14].

Крупнейшие репродукторы, такие как ООО «КМК Надеждинский» и ООО «Лукоз», инвестируют значительные средства не только в кормовую базу и инфраструктуру, но и в генетические программы улучшения выбранной породы. В этих хозяйствах внедряются передовые методы управления, включая автоматизацию процессов дойки, системы мониторинга здоровья животных и программы профилактики заболеваний. Особое внимание уделяется кормлению, основанному на тщательно сбалансированных рационах, обеспечивающих высокий уровень продуктивности и здоровье животных [16].

Меньшие по численности репродукторы, как ООО «КХ «Русь-1», ООО «Пионер агро парк» и ООО «Березка», также вносят свой вклад в развитие зааненской породы в России, уделяя большое внимание качеству ухода за животными и стараясь применять адаптированные к местным условиям технологии. В условиях региональной специфики каждое из этих хозяйств вырабатывает свои уникальные методики, позволяющие эффективно использовать местные ресурсы и поддерживать высокие стандарты качества продукции. В совокупности деятельность этих предприятий отражает стремление к устойчивому развитию и оптимизации производственных процессов в российском ко-

зоводстве. В результате проведенного анализа продуктивности коз зааненской породы было выявлено несколько аспектов, оказывающих значительное влияние на перспективу развития молочного козоводства на территории Российской Федерации. С точки зрения экономической рентабельности данная порода, несмотря на более высокие первоначальные затраты на приобретение и содержание, может обеспечить наибольшую прибыль благодаря высокой продуктивности и качеству молока [17].

В последние годы на рынке сельского хозяйства наблюдается стабильный рост продуктивности у ряда предприятий, что свидетельствует об их способности адаптироваться к изменениям и внедрять новые технологии [16]. Ярким примером служит ООО «КМК Надеждинский», показавший значительное увеличение надоев за изученный период. В 2022 году на предприятии зафиксировали 1 058 кг молока, что более чем в два раза превышает результат 2019 года. Селекционеры в ООО «Лукоз» увеличили молочную продуктивность козочек до 784 кг в 2022 году. Несмотря на более низкие показатели по сравнению с другими племенными организациями, ООО «КХ «Русь-1» также демонстрирует стабильный рост: в 2022 году продуктивность достигла 847 кг молока. ООО «Берёзка» выделяется значительным повышением производительности, максимальный удой составил 1 065 кг. ООО «Пионер Агро Парк», увеличил показатели до 797 кг в 2022 году. Тем не менее не во всех предприятиях выявлена положительная динамика. Например, у ООО «Экоферма Климовская» в 2022 году показатели снизились до 650 кг, несмотря на рост в 2021 году (таблица 1) [15].

Таблица 1

Показатели молочной продуктивности коз зааненской породы, кг

Table 1

Milk yield parameters of Saanen goats, kg

Сельхозорганизации	Удой молока за лактацию на одну козочку, кг			
	2019	2020	2021	2022
ООО «КМК Надеждинский»	521	735	1 033	1 058
ООО «Лукоз»	767	778	709	784
ООО «КХ «Русь-1»	825	828	833	847
ООО «Берёзка»	852	895	1 064	1 065
ООО «Пионер Агро Парк»	727	784	786	797
ООО «Экоферма Климовская»	449	630	687	650

Анализ полученных данных подчеркивает важность инновационных подходов и стратегического планирования для достижения высоких показателей продуктивности зааненской породы. Установлено: в ООО «КМК Надеждинский» и ООО «Лукоз» показатели за период 2019-2022 гг. стабильно высокие, однако в ООО «КМК Надеждинский» наблюдался спад показателей жира (снижение на 23 %) с 2021 года. При анализе данных следующих сельхозорганизаций просматривается стабильность всех показателей за данный период (таблица 2) [14].

Таблица 2
Качественные показатели молока за все лактации в среднем, %

Table 2

Quality parameters of milk for all lactations on average, %

Сельхозорганизации	Показатели							
	2019		2020		2021		2022	
	жир	белок	жир	белок	жир	белок	жир	белок
ООО «КМК Надеждинский»	5,8	3,1	5,6	3,1	4,3	3,2	4,1	3,1
ООО «Лукоз»	4,0	3,2	4,1	3,2	4,1	3,2	4,1	3,2
ООО «КХ «Русь-1»	3,7	3,1	3,7	3,1	3,7	3,1	3,7	3,1
ООО «Берёзка»	3,7	3,5	3,8	3,3	3,8	3,4	3,7	3,5
ООО «Пионер Агро Парк»	3,6	3,1	3,6	3,1	3,6	3,1	3,6	3,1
ООО «Экоферма Климовская»	3,5	3,0	3,5	3,0	3,6	3,0	3,6	3,1

Таблица данных показателей воспроизводительной способности в сельхозорганизациях свидетельствует о незначительных колебаниях в период с 2019 по 2022 год. При анализе данных козления ООО «КМК Надеждинский» отмечалась стабильность. В племенном репродукторе ООО «Лукоз» наблюдалось ухудшение воспроизводительной способности козоматок. В ООО «КХ «Русь-1» выявлен незначительный спад в 2022 году. Количество козлят в ООО «Берёзка», полученных от маток в 2019 году, достигло 171 головы, однако в период с 2020 по 2022 год наступило снижение. ООО «Пионер Агро Парк» демонстрирует рост численности козлят в 2021 году до 197 голов. Анализ динамики козления в ООО «Экоферма Климовская» установил рост до 173 голов в 2021 году, с последующим снижением до 112 голов в 2022 году (таблица 3) [15].

Таблица 3

Показатели воспроизводительной способности коз зааненской породы

Table 3

Reproductive capacity parameters of Saanen goats

Сельхозорганизации	Получено козлят от 100 маток, гол.			
	2019	2020	2021	2022
ООО «КМК Надеждинский»	–	145	145	153
ООО «Лукоз»	166	158	143	140
ООО «КХ «Русь-1»	156	156	154	143
ООО «Берёзка»	171	142	140	141
ООО «Пионер Агро Парк»	155	150	197	173
ООО «Экоферма Климовская»	–	160	173	112

Таким образом, подробный анализ данных по численности козлят в сельхозорганизациях подчеркивает необходимость комплексного подхода к управлению стадами и работе над улучшением репродуктивных показателей.

Молоко коз зааненской породы является ценным продуктом, обладающим высоким питательным и биологическим потенциалом. Изучение его химического состава позволяет лучше понять качество и пищевую ценность. Нами были изучены основные

показатели, характеризующие химический состав молока коз зааненской породы, такие как содержание жира, белка, лактозы, СОМО, плотности и калорийности (таблица 4) [14].

Таблица 4

Некоторые показатели химического состава молока коз зааненской породы

Table 4

Some parameters of the chemical composition of milk of Saanen goats

Показатель молочной продукции	В среднем
Массовая доля, %:	
белок	3,15±0,04
жир	3,83±0,09
лактоза	3,55±0,07
сухие вещества	10,20±0,22
СОМО	6,37±0,13
Плотность, кг/м ³	1028±0,28
Калорийность, ккал/г	64,34±1,25

Определение физико-химических показателей проводилось с использованием отечественного инфракрасного анализатора качества молока «ИнфраМилк» в исполнении ПРОФИ, основанного на методе анализа, позволяющего получать наиболее точные и объективные результаты за короткий промежуток времени. Анализом данных установлены средние показатели химического состава молока: массовая доля жира – 3,83 %; белок – 3,15 %; лактоза – 3,55 %; СОМО – 6,37 %, сухие вещества – 10,20 %; плотность – 1028 кг/м³ и калорийность – 64,34 ккал/г. Выбранные параметры исследований играют ключевую роль в определении питательных свойств молока, его применении в пищевой промышленности.

Заключение. Зааненская порода коз демонстрирует высокую эффективность в молочном козоводстве, отличаясь выдающейся продуктивностью и качеством молока. На примере крупных хозяйств, таких как ООО «КМК Надеждинский», в котором насчитывается 2 366 голов, становится очевидным, что стратегический подход к автоматизации процессов, мониторингу здоровья животных и профилактике заболеваний позволяет достигать хороших результатов по молочной продуктивности. Малый репродуктор ООО «Березка» с численностью 277 голов адаптирует современные технологии под региональные условия, что способствует устойчивому развитию и поддержанию высокого качества продукции. Уникальные методики, разработанные этими хозяйствами, представляют собой ценный вклад в развитие зааненской породы в России, обеспечивая эффективное использование местных ресурсов.

Результаты исследования химического состава реализованной молочной продукции (козье молоко) с использованием прибора «ИнфраМилк» подтверждают общероссийские данные.

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о прогрессе в развитии отрасли козоводства в нашей стране, что не только удовлетворяет внутренние потребности, но и повышает конкурентоспособность на международном рынке.

Список источников

1. Современные технологии в молочном козоводстве / М.Ю. Санников, С.И. Новопашина, С.А. Хататаев [и др.] // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2019. № 6. С. 141–149. DOI 10.34677/0021-342x-2019-6-141-149. EDN YSKFKJ.
2. Ткачев А.В. Зоогигиеническая оценка качества молока коз различных пород // Международный вестник ветеринарии. 2020. № 2. С. 137–143. ISSN 2072-2419.
3. Молочное козоводство России и его племенная база / Л. Н. Григорян, С.А. Хататаев, С.И. Новопашина [и др.] // Зоотехния. 2021. № 1. С. 11–14. DOI 10.25708/ZT.2020.25.96.003. EDN KFNAIX.
4. Тарчоков А.Т. Влияние паратипических факторов на продуктивные качества коз зааненской породы / А. Т. Тарчоков, Р.З. Абдулхаликов, А.Х. Пилов // Зоотехния. – 2021. № 11. С. 23–27. DOI 10.25708/ZT.2021.30.94.007. – EDN WWSKMQ.
5. Малахова Л.С., Омаров А.А., Суров А.И., Карпова Е.Д. Воспроизводительная функция коз в анэстральный период на фоне гормонотерапии и характеристика полученного потомства // Ветеринария. 2023. № 4. С. 31–34. DOI: 10.30896/0042-4846.2023.26.4.35-38.
6. Сурфагон при применении козам для повышения эффективности осеменения / Л.С. Малахова, А.А. Омаров, А.И. Суров [и др.] // Ветеринария. 2023. № 8. С. 38–40. DOI 10.30896/0042-4846.2023.26.8.38-40. EDN WTUGWO.
7. Тарчоков А.Т., Абдулхаликов Р.З. // Экстерьерные особенности коз зааненской породы // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В.М. Кокова. 2021. № 2 (32). С. 24–28.
8. Кононович А.С., Степанов А.В. // Молочная продуктивность и содержание коз зааненской породы // Молодежь и наука. 2018. № 5. С. 57. ISSN: 2308-0426.
9. Халимбеков З.А., Малахова Л.С., Грига О.Э. Весовой и линейный рост помесных козлят, полученных от скрещивания местных молочных коз с козлами бурской породы // Овцы, козы, шерстяное дело. 2022. № 2. С. 35–37. DOI: 10.26897/2074-0840-2022-2-35-37.
10. Григорян, Л.Н. Молочная продуктивность коз в сельхозорганизациях России / Л. Н. Григорян, С.А. Хататаев, Н.Г. Степанова // Молочная промышленность. 2017. № 11. С. 66-67. ISSN 1019-8946.
11. El Sabry MI, Almasri O. Stocking density, ambient temperature, and group size affect social behavior, productivity and reproductivity of goats- A review. Trop Anim Health Prod. 2023 May 2;55(3):181. Doi: 10.1007/s11250-023-03598-0. PMID: 37129749.
12. Молоко и молочная продукция. Правила приемки, методы отбора и подготовка проб к анализу. Часть 1. Молоко, молочные, молочные составные и молочносодержащие продукты. М.: Стандартинформ, 2019. 10 с.
13. Плохинский Н.А. Руководство по биометрии для зоотехников / Н.А. Плохинский. – М.: Колос. 1969. 256 с.
14. Ежегодник по племенной работе в овцеводстве и козоводстве в хозяйствах Российской Федерации Текст / М-во сел. Хоз-ва Российской Федерации, Департамент животноводства и племенного дела, Федеральное гос. Бюджетное научное учреждение «Всероссийский н.-и. Ин-т племенного дела» (ФГБНУ ВНИИплем), (Главной информ.-селекционный центр животноводства России); ред. Т.А. Мороз, 2023.
15. Справочник «Овцеводство и козоводство Российской Федерации в цифрах» (2022) / Национальный союз овцеводов. Изд-во ВНИИплем, Москва. 2023. С. 126–129.

16. Молочное козоводство России и его племенная база / Л.Н. Григорян, С.А. Хататаев, С.И. Новопашина [и др.] // Зоотехния. 2021. № 1. С. 11–14. DOI 10.25708/ZT.2020.25.96.003. EDN KFNAIX.
17. Состояние и прогноз развития молочного козоводства в Российской Федерации / С.И. Новопашина, М.Ю. Санников, С.А. Хататаев [и др.] // Зоотехния. 2020. № 4. С. 27–29. DOI 10.25708/ZT.2020.34.81.008. EDN LOEOGA.

References

1. Modern technologies in dairy goat breeding / M.Yu. Sannikov, S.I. Novopashina, S.A. Khatataev [et al.] // Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy. 2019. No. 6. P. 141-149. DOI 10.34677/0021-342x-2019-6-141-149. EDN YSKFKJ.
2. Tkachev A.V. Zoosanitary assessment of the milk quality of goats of various breeds // International Journal of Veterinary Medicine. 2020. No. 2. P. 137-143. ISSN 2072-2419
3. Dairy goat breeding in Russia and its breeding base / L. N. Grigorian, S.A. Khatataev, S.I. Novopashina [et al.] // Zootechniya. 2021. No. 1. P. 11-14. DOI 10.25708/ZT.2020.25.96.003. – EDN KFNAIX.
4. Tarchokov A.T. Influence of paratypical factors on the productive qualities of Saanen goats / A. T. Tarchokov, R.Z. Abdulkhalikov, A.Kh. Pilov // Zootechniya. 2021. No. 11. P. 23-27. DOI 10.25708/ZT.2021.30.94.007. EDN WWSKMQ.
5. Malakhova L.S., Omarov A.A., Surov A.I., Karpova E.D. Reproductive function of goats in the anestrus period on the background of hormone therapy and characteristics of the offspring // Veterinary medicine. 2023. No. 4. P. 31-34. DOI: 10.30896/0042-4846.2023.26.4.35-38.
6. Surfactant administration to goats in order to increase the effectiveness of insemination / L.S. Malakhova, A.A. Omarov, A.I. Surov [et al.] // Veterinary medicine. 2023. No. 8. P. 38-40. – DOI 10.30896/0042-4846.2023.26.8.38-40. – EDN WTUGWO.
7. Tarchokov A.T., Abdulkhalikov R.Z. // Exterior features of Saanen goats // Izvestiya of the Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov. 2021. No. 2 (32). P. 24-28.
8. Kononovich A.S., Stepanov A.V. // Dairy productivity and keeping of goats of the Saanen breed // Youth and science. 2018. No. 5. P. 57. ISSN: 2308-0426
9. Khalimbekov Z.A., Malakhova L.S., Griga O.E. Weight and linear growth of crossbred goats obtained from crossing local dairy goats with goats of the Boer breed // Sheep, goats, wool business. 2022. No. 2. P. 35-37. DOI: 10.26897/2074-0840-2022-2-35-37.
10. Grigorian, L.N. Dairy productivity of goats in agricultural organizations of Russia / L. N. Grigorian, S.A. Khatataev, N.G. Stepanova // Dairy industry. 2017. No. 11. P. 66-67. EDN ZUVHAL ISSN 1019-8946
11. El Sabry MI, Almasri O. Stocking density, ambient temperature, and group size affectsocial behavior, productivity and reproductivity of goats- A review. Trop Anim Health Prod. 2023 May 2;55(3):181. Doi: 10.1007/s11250-023-03598-0. PMID: 37129749.
12. Milk and dairy products. Acceptance rules, selection methods and sample preparation for analysis. Part 1. Milk, dairy, milk components and milk-containing products. Moscow: Standartinform, 2019. 10 p.
13. Plokhinskii N.A. Guide to biometrics for animal technicians / N.A. Plokhinskii. – M.: Kolos. 1969. 256 p.
14. Yearbook on sheep and goat breeding in the farms of the Russian Federation Text / Ministry of Agriculture of the Russian Federation, Department of Animal Husbandry and Breeding,

Federal State Budgetary Scientific Institution “All-Russian Scientific Institute of Breeding” (FSBSI VNIIPlem), (Main information and breeding center of animal husbandry of Russia); ed. T.A. Moroz, 2023.

15. Handbook “Sheep and goat breeding of the Russian Federation in numbers” (2022) / National Union of Sheep Breeders. VNIIPlem Publishing House, Moscow 2023. P. 126 – 129.

16. Dairy goat breeding in Russia and its breeding base/L. N. Grigorian, S. A. Khatataev, S. I. Novopashina [et al.] // Zootechniya. 2021. No. 1. P. 11-14. DOI 10.25708/ZT.2020.25.96.003. EDN KFNAIX.

17. State and projected growth of dairy goat breeding in the Russian Federation / S. I. Novopashina, M. Yu. Sannikov, S. A. Khatataev [et al.] // Zootechniya. 2020. No. 4. P. 27-29. DOI 10.25708/ZT.2020.34.81.008. EDN LOEOGA.

Сведения об авторах

Карпова Екатерина Дмитриевна, кандидат биологических наук, заведующий лабораторией, тел.: 8 988 094-31-21, E-mail: karpova@fnac.center, ORCID – 0000-0002-3900-4434

Суров Александр Иванович, доктор сельскохозяйственных наук, директор, главный научный сотрудник, тел.: 8 865 271-70-33, e-mail: a.surov@fnac.center, ORCID – 0000-0002-3892-6621

Алимова Валерия Руслановна, младший научный сотрудник, тел.: 8 865 271-70-33, e-mail: alimova-lera-01@mail.ru, ORCID – 0009-0002-8352-1137

Фирсова Анна Максимовна, младший научный сотрудник, тел.: 8 (865) 271-70-33, e-mail: anya-zinoveva_2001@mail.ru, ORCID – 0009-0008-5582-2921

Information about the authors

E. D. Karpova, Candidate of Biological Sciences, Head of the Laboratory, tel. 8 (988) 094-31-21, E-mail: karpova@fnac.center. ORCID – 0000-0002-3900-4434

A. I. Surov, Doctor of Agricultural Sciences, Director, Chief Researcher, tel. 8 (865) 271-70-33, E-mail: a.surov@fnac.center. ORCID – 0000-0002-3892-6621

V. R. Alimova, Junior Researcher, tel. 8 (865) 271-70-33, E-mail: alimova-lera-01@mail.ru. ORCID – 0009-0002-8352-1137

A. M. Firsova, Junior Researcher, tel. 8 (865) 271-70-33, E-mail: anya-zinoveva_2001@mail.ru. ORCID – 0009-0008-5582-2921

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 03.10.2024; одобрена после рецензирования 15.10.2024; принята к публикации 17.12.2024.

The article was submitted 03.10.2024; approved after reviewing 15.10.2024; accepted for publication 17.12.2024.

Карпова Е.Д., Суров А.И., Алимова В.Р., Фирсова А.М.

Сельскохозяйственный журнал. 2024. № 4 (17). С. 64-75
Agricultural journal. 2024; 17 (4). P. 64-75

Зоотехния и ветеринария

Научная статья

УДК: 636.22/.28.082.2

DOI: 10.48612/FARC/2687-1254/007.4.17.2024

СЕЛЕКЦИЯ С УЧЕТОМ ЛИМИТИРУЮЩИХ ФАКТОРОВ В СТАДЕ ГЕРЕФОРДСКОЙ ПОРОДЫ

Константин Александрович Катков, Марина Павловна Дубовскова,

Анатолий Феофанович Шевхужев, Владимир Аникеевич Погодаев

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

E-mail: info@fnac.center

Аннотация. Цель данной работы – создание «модельной» группы бычков герефордской породы с учетом лимитирующих факторов отбора. Исследования проводили в племенном заводе АО «Белокопанское» Ставропольского края в 2023-2024 годах, где объектом изучения стали бычки ($n = 60$) и быки-производители ($n = 3$) герефордской породы. Отобрана «модельная» группа бычков герефордской породы как продолжателей генеалогических линий быков-производителей с учетом селекционно-генетических параметров и обобщенного числового показателя (ОЧП), построенного на основании функции желательности Е. К. Харрингтона. Определены и ранжированы селекционно-значимые признаки с учетом достоверной корреляционной зависимости ($r^2 = 0,38—0,81$). Коэффициент повторяемости живой массы в 8 и 12 месяцев, 8 и 15 месяцев равен 0,72–0,84 ед., что предполагает завершить испытание бычков по собственной продуктивности в более раннем возрасте. Быки оказывали высокосignificant генетическое влияние на живую массу потомков в 15-месячном возрасте и на мясные формы ($\eta^2 = 0,46$ ед. и $\eta^2 = 0,52$ ед.). Безразмерная относительная числовая величина обобщенного показателя функции Е. К. Харрингтона показала, что 25 % популяции имели значение ОЧП $D > 0,954$ при установленных критериях отбора: высота в крестце в 15-месячном возрасте – 123 см, конституция и экстерьер – 4 балла и более, живая масса – класс «элита» и выше, прижизненная оценка мясных качеств – 54 балла и более. Среди потомков быков-«улучшателей» была отобрана «модельная» группа продолжателей, превосходящая сверстников: по живой массе – на 42,9 кг (10,2 %; $\alpha < 0,001$), по среднесуточному приросту – на 165,2 г (16,4 %; $\alpha < 0,001$).

Ключевые слова: бычки, герефордская порода, селекционные признаки, функция желательности Е. К. Харрингтона, обобщенный числовой показатель.

Для цитирования: Катков К. А., Дубовскова М. П., Шевхужев А. Ф., Погодаев В. А. Селекция с учетом лимитирующих факторов в стаде герефордской породы // Сельскохозяйственный журнал. 2024. № 4 (17). С. 64-75.

DOI: 10.48612/FARC/2687-1254/007.4.17.2024

Zootechny and veterinary science

Original article

SELECTIVE BREEDING TAKING INTO ACCOUNT THE LIMITING FACTORS IN THE HERD OF THE HEREFORD BREED

Konstantin A. Katkov, Marina P. Dubovskova, Anatolii F. Shevkhuzhev, Vladimir A. Pogodaev

FSBSI “North Caucasus Federal Agricultural Research Center”, 356241, Stavropol Territory, Shpakovsky district, Mikhailovsk, st. Nikonova, 49. E-mail: info@fnac.center

Abstract. The purpose of this work was to create a “model” group of Hereford bull calves, taking into account the limiting selection factors. The research was carried out in the breeding farm of JSC “Belokopanskoe” in the Stavropol Territory in 2023-2024. The object of study was bull calves ($n = 60$) and servicing bulls ($n = 3$) of the Hereford breed. A “model” group of Hereford bull calves was selected as successors of the genealogical lines of servicing bulls, taking into account the selection and genetic parameters and the composite index (CI), which was constructed on the basis of the Harrington’s desirability function. The selection-significant traits were determined and ranked, taking into account the reliable correlation dependence ($r^2 = 0,38–0,81$). The coefficient of repeatability of live weight at 8 and 12 months, 8 and 15 months was 0,72–0,84 units, which suggested that the testing of bull calves for their own productivity would be completed at an earlier age. The bulls had a highly significant genetic effect on the live weight of their offspring at 15 months of age and on meat forms ($\eta^2 = 0,46$ units and $\eta^2 = 0,52$ units). The dimensionless relative numerical value of the composite index of the Harrington’s function showed that 25% of the population had the value of the CI $D > 0,954$ with the established selection criteria: sacrum height at the age of 15 months was 123 cm, constitution and exterior were 4 points or more, live weight was the “elite” class and higher, lifetime evaluation of meat qualities was 54 points or more. Among the offspring of the “improver” bulls, a “model” group of successors was selected, which surpassed their herdmates: in live weight – by 42,9 kg (10,2%; $\alpha < 0,001$), in average daily gain – by 165,2 g (16,4%; $\alpha < 0,001$).

Keywords: bull calves, Hereford breed, selection traits, Harrington’s desirability function, composite index.

For citation: Katkov K. A., Dubovskova M. P., Shevkhuzhev A. F., Pogodaev V. A. Selective breeding taking into account the limiting factors in the herd of the Hereford breed // Agricultural Journal. 2024. No. 4 (17). P. 64-75.
DOI: 10.48612/FARC/2687-1254/007.4.17.2024

Введение. Селекционная работа в мясном скотоводстве направлена на совершенствование племенных и продуктивных качеств животных в соответствии с задачами подпрограммы «Улучшение генетического потенциала крупного рогатого скота мясных пород», разработанной в соответствии с направлением реализации Федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства на 2017–2030 годы, утвержденной постановлением Правительства Российской Федерации от 25 августа 2017 г. № 996 «Об утверждении Федеральной научно-технической программы развития

сельского хозяйства на 2017–2030 годы» [1, 2]. Поэтому отбор высокопродуктивных быков-производителей, гарантированно передающих свои ценные качества потомству, становится актуальной задачей. Герефордская порода является популярной как в мире, так и в нашей стране, используется для разведения в племенном направлении и при скрещивании, а от ее совершенствования в значимой степени зависит рост производства высококачественной говядины [3, 4].

Совершенствование оценки генотипа и применение новых способов повышения эффективности отбора способствуют росту мясной продуктивности и созданию высокопродуктивных стад. Отбор бычков герефордской породы как продолжателей генеалогических линий проводили с учетом селекционно-генетических параметров и обобщенного числового показателя (ОЧП) функции желательности Е. К. Харрингтона.

Для гармонизации подходов и нормативной документации в сфере племенной деятельности государств-членов ЕАЭС 24 ноября 2020 года Решением Коллегии Евразийской экономической комиссии принята единая методика оценки племенной ценности сельскохозяйственных животных в ключевых подотраслях животноводства (Методика оценки племенной ценности крупного рогатого скота мясного направления продуктивности, 2020), в связи с чем в оценку бычков была включена живая масса в 7 и 12 месяцев. [5].

Таким образом, при селекции бычков предложено рассматривать новый подход к оценке, учитывающей экспертную оценку селекционных признаков, когда необходимо акцентировать внимание на особо значимых и связать их с показателями селекционно-генетических параметров, в частности силой влияния отцов на продуктивность потомства, а также корреляционной зависимостью, повторяемостью и изменчивостью признаков [6, 7]. Использованный метод обобщенного показателя качества позволит оценить животных одновременно по нескольким направлениям продуктивности. В результате коррекция селекционного процесса бычков герефордской породы по лимитирующим факторам отбора определит критерии для задействованных селекционных признаков.

Цель исследований – создание «модельной» группы бычков герефордской породы с учетом лимитирующих факторов отбора.

В связи с поставленной целью обозначены задачи исследований:

- изучить селекционно-генетические параметры основных хозяйственно полезных признаков бычков: корреляции, повторяемости, изменчивости, силы влияния отцов на продуктивность потомства;
- провести индексную оценку признаков по результатам испытания бычков по собственной их продуктивности по качеству потомства;
- сформировать «модельную» группу бычков с учетом критериев отбора и обобщенного числового показателя (D).

Материал и методы исследований. Исследования проводили в племенном заводе АО «Белокопанское» Ставропольского края в 2023-2024 годы, где объектом изучения стали бычки ($n = 60$) и быки-производители ($n = 3$) герефордской породы.

Для построения ОЧП использовали обобщенную функцию желательности Е. К. Харрингтона [8, 9].

Обобщенный числовой показатель качества (D) рассчитывали на основании желательности отдельных исходных признаков ($n = 6$), входящих в оценку животных. Выражение для расчета величины D для каждого j -го образца имеет вид [10, 11]:

$$D = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n d_i^{k_i}}, \quad (1)$$

где n – количество признаков, участвующих в оценке животных;

d_i – значение желательности для каждого i -го признака;

k_i – весомость i -го признака.

Значения исходных признаков для различных уровней желательности представлены в таблице 1.

Таблица 1

Диапазон значений величины d для различных уровней желательности

Table 1

Range of values of the variable d for different levels of desirability

Уровни желательности	Диапазон значений величины d
«Очень плохо»	0,01–0,2
«Плохо»	0,21–0,36
«Удовлетворительно»	0,37–0,62
«Хорошо»	0,63–0,79
«Очень хорошо»	0,8–0,95

С целью определения весомости каждого исходного признака рассчитывали уровни важности для каждого признака в соответствии с выражением:

$$k_i = \sum_{j=1}^n k_{ij}, \quad i = 1, \dots, n \quad (2)$$

Определяли суммарный уровень важности всех признаков:

$$k_C = \sum_{i=1}^n k_i \quad (3)$$

Весовые коэффициенты каждого признака рассчитывали по формуле [12]:

$$\alpha = \frac{k_i}{k_C}, \quad \text{где } i = 1, \dots, n \quad (4)$$

Полученный ОЧП качества (D) использовали как инструмент отбора желательности и весомости признака для коррекции селекционного процесса.

Определяли селекционно-генетические параметры основных селекционных признаков – изменчивость (C_V), корреляцию (r^2), повторяемость (r_w) и методом дисперсионного анализа – силу влияния быков на продуктивные признаки потомства (η^2).

При оценке производителей по качеству потомства использовали показатели бычков-сверстников стада. Испытание молодняка по собственной продуктивности проводили с 8- до 15-месячного возраста, оценивая по его результатам быков по качеству потомства [13, 14, 15]. Рост и развитие изучали путем взвешивания на электронных весах ПСП 4-1Ж (Россия) утром, до кормления. Промеры осуществляли мерной палкой Лидтина. Исследования проводили на фоне одинаковых условий кормления и содержания для каждой половозрастной группы, оценивая производителей по качеству потомства с учетом силы влияния их генотипа на показатели продуктивности сыновей.

Полученный материал обработан методами вариационной статистики с помощью табличного процессора MS Excel (Microsoft) США и обработкой данных в «Stat

Soft Inc.», США). Во всех процедурах статистического анализа рассчитывали достигнутый уровень значимости.

Результаты исследований и их обсуждение. Отбор модельных особей – продолжателей генеалогических линий Смелого 8350, Зенита 9614 и Салюта 9509 осуществляли по результатам испытания бычков по собственной продуктивности с учетом лимитирующих факторов селекционных признаков – селекционно-генетических параметров и обобщенного числового показателя (D) функции желательности Е. К. Харрингтона. В процессе использования были определены уровни приоритета для каждого признака и их весовые коэффициенты, рассчитанные с использованием метода парного сравнения признаков на основе фиксированного предпочтения (таблица 2).

Таблица 2

Значения весовых коэффициентов исходных признаков

Table 2

Values of the weighting coefficients of the initial parameters

Признаки	Ранг	Вес
Живая масса в 15 месяцев	1	0,222
Среднесуточный прирост в 8–15 месяцев	1	0,222
Живая масса в 12 месяцев	2	0,181
Прижизненная оценка мясных качеств	3	0,153
Выраженность типа телосложения	4	0,125
Живая масса в 7 месяцев	5	0,097

Наиболее весомыми селекционными признаками определены живая масса в 15-месячном возрасте и среднесуточный прирост с 8 до 15 месяц. При этом между ними выявлена высокая прямолинейная корреляционная зависимость ($r^2 = 0,81 \pm 0,08$), свидетельствующая об эффективности отбора даже по одному из признаков (таблица 3).

Таблица 3

Показатели коэффициента корреляционной связи селекционных признаков бычков

Table 3

Parameters of the correlation coefficient of breeding characteristics of bull calves

Коррелируемые признаки	Показатель	Уровень значимости (α)
Повторяемость живой массы в 8 и 15 месяцев	$0,72 \pm 0,09$	$< 0,001$
Повторяемость живой массы в 8 и 12 месяцев	$0,84 \pm 0,06$	$< 0,001$
Повторяемость живой массы в 12 и 15 месяцев	$0,86 \pm 0,07$	$< 0,001$
Повторяемость среднесуточного прироста с 8 до 12 месяца и с 12 до 15 месяца	$0,20 \pm 0,13$	$> 0,05$
Живая масса в 15 месяцев и среднесуточный прирост с 8 до 12 месяца	$0,38 \pm 0,12$	$< 0,01$
Живая масса в 12 месяцев и среднесуточный прирост с 8 до 12 месяца	$0,51 \pm 0,11$	$< 0,001$
Живая масса в 15 месяцев и среднесуточный прирост с 8 до 15 месяца	$0,81 \pm 0,08$	$< 0,001$
Живая масса и выраженность типа телосложения в 15 месяцев	$0,68 \pm 0,10$	$< 0,001$
Мясные формы и тип телосложения в 15 месяцев	$0,67 \pm 0,10$	$< 0,001$

Согласно методике ЕЭК оценка была дополнена живой массой в 7-месячном возрасте и 12 месяцев, весомость которых определялась 0,181 и 0,097 ед. Установлено, что уровень продуктивности животных в годовалом возрасте взаимосвязан с показателями в 15 месяцев. Так, коэффициент повторяемости живой массы в 12 и 15 месяцев оказался высоким и составил $r_w = 0,86 \pm 0,07$, что предполагает сокращение сроков испытания молодняка по собственной продуктивности.

Определение селекционно-генетических параметров основных селекционных признаков показало, что повторяемость живой массы в 8 и 15; 12 и 15 месяцев характеризовалась высокой величиной ($r_w = 0,72-0,86$). Данное обстоятельство свидетельствует о возможности установить более ранние возрастные рамки отбора. Значимыми коэффициентами корреляции характеризовались признаки: живая масса в 12 месяцев и среднесуточный прирост с 8 до 12 месяца, живая масса в 5 месяцев и выраженность типа телосложения в этом возрасте ($r_w = 0,51-0,68$). Это обеспечивает весомый эффект от селекции по данным признакам. Отбор по типу телосложения животных (крупные, высокорослые) обеспечит развитые стати и выраженные мясные формы, о чем свидетельствует установленный коэффициент корреляции $r^2 = 0,67 \pm 0,10$. Итак, корреляционный анализ позволил выявить взаимосвязанные признаки для эффективного отбора.

Анализ изменчивости селекционных признаков и уровня генетического влияния на их проявление определяло более достоверную фенотипическую оценку животных, выявление стабильности генофонда и устойчивости наследственности. Хозяйственно полезные признаки бычков характеризовались определенным разнообразием. Коэффициент изменчивости живой массы в 8, 12 и 15 месяцев изменялся от 9 до 21,63 %. Среднее квадратическое отклонение находилось в пределах 31,37–44,88 ед., что свидетельствует о возможности целенаправленной селекции по заданным параметрам продуктивности (таблица 3). Большими показателями изменчивости характеризовался среднесуточный прирост, лимит которого составил 958–1 352 г, в результате чего в ремонтную группу были отобраны бычки с высокой величиной этого признака. Оценка мясных качеств и тип телосложения отличались невысоким разнообразием ($\sigma = 1,55-2,75$).

Долю генетического разнообразия в фенотипическом проявлении признака устанавливали методом однофакторного дисперсионного анализа. Анализ уровня препотентности быков-производителей показал, что сила влияния отцов на проявление селекционных признаков сыновей находилась в пределах 18–52 %. Анализ воздействия негенетических факторов и других генетических проявлений, в частности «материнский» эффект, показал, что на них приходится большая доля влияния. Несмотря на то, что бычкам при испытании по собственной продуктивности были созданы оптимальные условия кормления и содержания, в исследуемой группе животных влияние паратипических факторов среды находилось от 48 (оценка мясных качеств) до 82 % (общая балльная оценка признаков). При этом значимая доля (71 %) негенетических и других генетических (материнское влияние) факторов в общей дисперсии приходилась на проявление фенотипического признака – живой массы в 8-месячном возрасте. Большая величина влияния организованного фактора (быков-производителей) установлена на живую массу бычков в 15 месяцев – $\eta^2 = 0,46$ при $P < 0,001$. Высокодостоверное и значимое влияние (52 и 35 %) быки-производители оказывали на мясные качества бычков и интенсивность их роста.

Лимитирующие факторы отбора вносят свои коррективы в селекционный процесс, а отбор консолидированного потомства препотентных быков-производителей

обеспечивает гарантированное наследование селекционно-значимых признаков.

Отбор бычков-продолжателей генеалогических линий осуществляли по результатам испытания по собственной продуктивности с учетом лимитирующих факторов отбора, в частности не ниже минимальных границ целевых параметров продуктивности. За минимальный стандарт у бычков приняты высота в крестце в 15 месяцев – 123 см, конституция и экстерьер – 4 балла и более, живая масса должна соответствовать классу «элита» и выше, прижизненная оценка мясных качеств – 54 балла и более. В дальнейшем эти бычки характеризовались крупным высокорослым форматом телосложения. Оценка быков-производителей по качеству потомства показала, что сыновья быков-производителей Зенита 9509 и Макета 8350 в 15 месяцев превосходили класс «элита» на 5,3 (1,0 %) и 17,5 кг (4,3 %), а Взлета 9614 – класс «элита-рекорд» – на 32,9 кг (7,6 %) (таблица 4).

Таблица 4.

Изменчивость селекционных признаков и влияние отцов на развитие потомков
($n = 60$)

Table 4.

Variability of breeding traits and the influence of fathers on the development of offspring ($n=60$)

Селекционный признак	Параметры						
	$\bar{X} \pm S_x$	lim	σ	$C_p, \%$	Сила влияния (η^2), %	Критерий Фишера (F)	Уровень значимости (α)
Живая масса в возрасте 8 мес, кг	207,0 $\pm$ 5,74	203-267	44,88	21,63	29	7,56	<0,01
Живая масса в возрасте 12 мес, кг	326,1 $\pm$ 4,05	282-403	31,37	15,65	31	8,57	<0,001
Живая масса в возрасте 15 мес, кг	422,0 $\pm$ 4,96	368-510	38,46	9,11	46	15,9	<0,001
Среднесуточный прирост с 8 до 15 мес, г	1039,2 $\pm$ 14,04	958-1352	108,7	9,22	35	10,17	<0,001
Оценка мясных качеств, балл	54,0 $\pm$ 0,36	48-58	2,75	5,09	52	20,38	<0,001
Тип телосложения, балл	17,4 $\pm$ 0,20	15-20	1,55	8,9	25	6,33	<0,01
Общая оценка, балл	36,3 $\pm$ 0,47	32-40	3,73	10,3	18	3,36	<0,05

Выраженность типа телосложения и экстерьер были оценены 17-18 баллами, прижизненная оценка мясных качеств составила 54–58 балла. В результате два быка-производителя определены в категорию «улучшатель», один – в категорию «нейтральный».

Следует отметить, что отбор в «модельную» группу сыновей-продолжателей сопряжен с некоторыми особенностями. Так, не всегда тяжеловесные животные характеризовались высокорослостью и развитыми мясными формами. Инструментом для оценки по нескольким хозяйственно-полезным признакам одновременно выбран обобщенный числовой показатель (D), включающий данные исходных признаков с их весомостью и корреляционной зависимостью. Обобщенный числовой показатель хозяйственно полезных признаков каждого животного характеризуется как безразмерная от-

носительная числовая величина, обеспечивающая ранжирование оцениваемых животных между собой на основании объективных данных исходных признаков и субъективных оценок желательности и весомости признаков (рисунок 1).

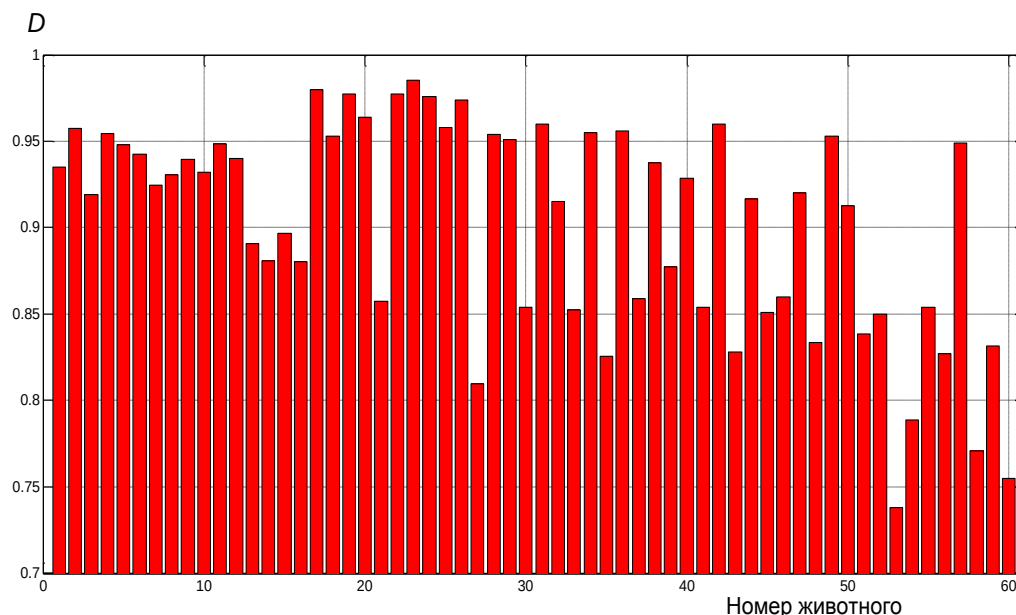


Рисунок 1. Результаты расчета ОЧП бычков герефордской породы 15 месяцев
Figure 1. Results of the calculation of the CI of Hereford bull calves at the age of 15 months

Селекция с учетом лимитирующего фактора на основе метода Харрингтона позволила определить «модельную» группу бычков-продолжателей генеалогических линий бычков-производителей Зенита 9509, Макета 8350 и Взлета 9614. Для дальнейшей селекционной работы предлагается отобрать 25 % представленной для анализа выборки. Сортировка значений ОЧП показала, что пятнадцать особей будут иметь значение ОЧП $D > 0,954$ (рисунок 2).

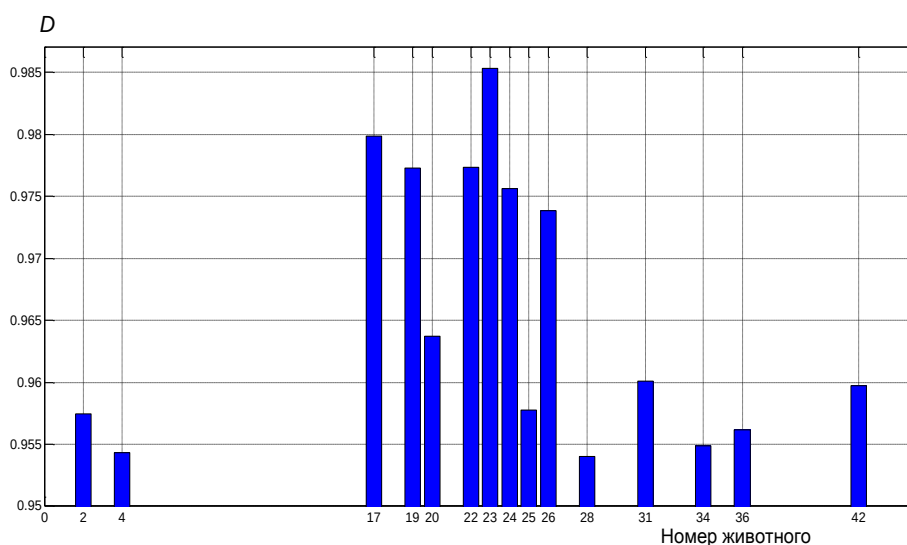


Рисунок 2. Бычки (25 % выборки) «модельной» группы с ОЧП $D > 0,954$
Figure 2. Bull calves (25% of the sample) of the “model” group with CI $D > 0,954$

Таблица 5

Результаты испытания бычков по собственной продуктивности
и быков по качеству потомства

Table 5

Results of the test of bull calves on their own productivity
and bulls on the quality of offspring

Кличка и номер быка	Живая масса в возрасте 8 мес, кг		Живая масса в возрасте 15 мес, кг			Среднесуточный прирост с 8 до 15 мес, г			Прижизненная оценка мясных качеств, балл.			Выраженность типа телосложения балл.			Компл ексный и ин- декс
	$\bar{X} \pm S_x$	C_v	$\bar{X} \pm S_x$	C_v	ин-декс, %	$\bar{X} \pm S_x$	C_v	ин-декс	$\bar{X} \pm S_x$	C_v	ин-декс	$\bar{X} \pm S_x$	C_v	ин-декс	%
Маяк 8350	204,8± 3,52	6,65	422,5 ±7,11	8,77	100	1015,6 ±16,18	6,17	97,6	55,2 ±0,41	2,92	102,3	17,4 ±0,42	9,35	100,7	100,2
Взлет 9614	220,9± 8,49	14,39	462,9 ±11,72	9,47	109,6	1165,3 ±41,96	13,5	112,0	56,2 ±0,41	2,70	104,0	18,7 ±0,36	7,20	106,7	108,0
Зенит 9509	200,0± 3,76	7,04	410,3 ±7,15	6,52	97,2	990,0 ±23,81	9,0	95,2	53,5 ±0,52	3,65	99,0	17,0 ±0,30	6,67	97,5	97,3
Сверст- ники стада	184,5 ±5,72	11,61	392,26 ±6,22	9,93	92,9	989,2 ±19,06	7,21	95,1	51,0 ±0,69	5,08	95,1	16,6 ±0,36	8,14	95,2	94,5

Анализ селекционных признаков этих животных показал, что по живой массе они превосходили сверстников традиционной селекции на 42,9 кг (10,2 %; $\alpha < 0,001$), по среднесуточному приросту – на 165,2 г (16,4 %; $\alpha < 0,001$). В результате применения ОЧП в качестве инструмента отбора установлены параметры селекционных признаков бычков генеалогических линий герефордской породы в 15-месячном возрасте: по живой массе – (не менее) 462 кг, по среднесуточному приросту – 1 167 г. Итак, комбинация числовых значений всех задействованных признаков для комплексной оценки и отбора устанавливает зависимость желательности (d) от безразмерной величины, в результате чего молодняк ранжирован по показателям продуктивности.

Закключение. В результате проведенных исследований была отобрана «модельная» группа бычков герефордской породы – продолжателей генеалогических линий быков-производителей, оцениваемых по качеству потомства. Определены и ранжированы селекционно-значимые признаки с учетом достоверной корреляционной зависимости ($r^2 = 0,38-0,81$). Коэффициент повторяемости живой массы в 8 и 12; 8 и 15 месяцев находился в пределах 0,72–0,84 ед., что предполагает завершить испытание бычков по собственной продуктивности в более раннем возрасте. Быки оказывали высокосignачимое генетическое влияние на живую массу потомков в 15-месячном возрасте и на мясные формы ($\eta^2 = 0,46$ ед. и $\eta^2 = 0,52$ ед.). Следовательно, оценка бычков в раннем возрасте по собственной продуктивности может быть дополнена определением уровня препотентности быков-производителей. Анализ безразмерной относительной числовой величины комплексного показателя показал, что 25 % популяции имело значение ОЧП $D > 0,954$ при установленных критериях отбора: высота в крестце в 15 месяцев – 123 см, конституция и экстерьер – 4 балла и более, живая масса – класс «элита» и выше, прижизненная оценка мясных качеств – 54 балла и более. В результате среди потомков

быков-«улучшателей» была отобрана «модельная» группа продолжателей, превосходящая сверстников по живой массе на 42,9 кг (10,2 %; $\alpha < 0,001$), по среднесуточному приросту – на 165,2 г (16,4 %; $\alpha < 0,001$). Коррекция по лимитирующим факторам в ремонтной группе бычков позволила установить критерии для задействованных селекционных признаков, в результате чего получен селекционный материал для создания новой высокопродуктивной популяции мясного скота.

Список источников

1. «Улучшение генетического потенциала крупного рогатого скота мясных пород», разработанной в соответствии с направлением реализации Федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства на 2017–2030 годы, утвержденной постановлением Правительства Российской Федерации от 25 августа 2017 г. № 996 «Об утверждении Федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства на 2017–2030 годы».
2. Шевхужев А.Ф., Погодаев В.А., Скорых Л.Н. Селекционно-генетические и технологические методы повышения продуктивности мясного скота : монография. – Ставрополь : ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ» ; изд-во «Ставрополь-Сервис-Школа», 2023. 196 с. ISBN 978-5-6051118-0-1.
3. Повышение производства говядины на основе селекционно-генетических и биотехнологических методов: монография / под редакцией А.Ф. Шевхужева, В.А. Погодаева, Л.Н. Скорых. Ставрополь: изд-во «Ставрополь-Сервис-Школа». 2024. 284 с. ISBN 978-5-6051118-8-7.
4. Оценка и отбор герефордских коров / Джуламанов К.М., Гармаев Д.Ц., Дубовскова М.П., Колпаков В.И., Урынбаева Г.Н. // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова. 2016. № 2 (43). С. 43–49.
5. Методика оценки племенной ценности крупного рогатого скота мясного направления продуктивности. Утверждена решением Коллегии Евразийской экономической комиссии от 24 ноября 2020 г. № 149 «Об утверждении методик оценки племенной ценности сельскохозяйственных животных в государствах-членах Евразийского экономического союза». 2020. 62 с.
6. Механизм расчета комплексного показателя продуктивности животных / В.В. Кулинцев, А.Ф. Шевхужев, В.А. Погодаев и др. // Достижения науки и техники АПК. 2022. Т. 36. № 5. С. 67–74. doi: 10.53859/02352451_2022_36_5_67.
7. Дубовскова М.П., Шевхужев А.Ф., Погодаев В.А., Молодужникова Н. М. Результаты оценки генеалогических линий скота по селекционным признакам при создании высокопродуктивного стада герефордской породы // Молочное и мясное скотоводство. 2024. № 5. С. 26–29. DOI: 10.33943/MMS.2024.90. 95.005.
8. Пичкалев А.В. Обобщенная функция желательности Харрингтона для сравнительного анализа технических средств // Исследования наукограда. 2012. № 1 (1). С. 25–28.
9. Взаимосвязь полиморфных вариантов гена TG с показателями экстерьера у бычков калмыцкой породы / А.Ф. Шевхужев, В.А. Погодаев, Л.Н. Скорых и др. // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2024. № 4 (108). С. 268–273. <https://doi.org/10.37670/2073-0853-2024-108-4-268-273>
10. Сохт К.А., Кириченко А.К. Применение метода обобщенного показателя качества при выборе технологической схемы сельскохозяйственных машин // Сборник научных трудов КНИИСХ Механизация производства зерна в Краснодарском крае. 1979. Вып. 18. С. 108.
11. Катков К.А. Обзор методов оценки и ранжирования животных по нескольким признакам с помощью комплексного показателя // Сельскохозяйственный журнал. 2020. № 3 (13). С. 51–58.

12. Постников В.М., Спиридонов С.Б. Методы выбора весовых коэффициентов локальных критериев // Наука и Образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журн. 2015. № 06. С.267–287.
13. Порядок и условия проведения бонитировки племенного крупного рогатого скота мясного направления продуктивности / Х.А. Амерханов, И.М. Дунин, В.И. Шаркаев и др. // Нормативный документ. Москва. НТС МСХ РФ. 2012. 36 с.
14. Порядок и условия оценки быков-производителей мясных пород по собственной продуктивности и качеству потомства / Г.Ф. Сафина, Ф.Г. Каюмов, Р.Ф. Третьякова и др. Москва. 2020. 24 с.
15. Герасимов Н.П. Джуламанов К.М. Племенная оценка и отбор герефордских бычков для селекции // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова. 2020. №1 (58). С. 39–45.

References

1. “Improvement of the genetic potential of beef cattle”, developed in accordance with the direction of implementation of the Federal Scientific and Technical Program of the Development of Agriculture for 2017 – 2030, approved by Decree of the Government of the Russian Federation, dated August 25, 2017 No. 996 “On approval of the Federal Scientific and Technical Program for the Development of Agriculture for 2017– 2030 years.”
2. Shevkhuzhev A.F., Pogodaev V.A., Skorykh L.N. Breeding, genetic and technological methods of increasing the productivity of beef cattle: monograph. – Stavropol: FSBSI “North Caucasus FARC”; publishing house “Stavropol-Service-School”, 2023. 196 p. ISBN 978-5-6051118-0-1.
3. Increasing beef production based on breeding, genetic and biotechnological methods: monograph / edited by A.F. Shevkhuzhev, V.A. Pogodaev, L.N. Skorykh. Stavropol: publishing house “Stavropol-Service-School”. 2024. 284 p. ISBN 978-5-6051118-8-7.
4. Evaluation and selection of Hereford cows / Dzhulamanov K.M., Garmaev D.Ts, Dubovskova M.P., Kolpakov V.I., Urynbaeva G.N. // Vestnik of Buryat state academy of agriculture named after V. Philippov. 2016. No.2 (43). P.43-49.
5. Methodology for evaluating the breeding value of beef cattle. Approved by the decision of the Board of the Eurasian Economic Commission No. 149, dated November 24, 2020. “On approval of methods for evaluating the breeding value of farm animals in the member States of the Eurasian Economic Union.” 2020. 62 p.
6. Mechanism for calculating the complex parameter of animal productivity / V.V. Kulintsev, A.F. Shevkhuzhev, V.A. Pogodaev et al. // Achievements of science and technology of the AIC. 2022. Vol. 36. No.5. P. 67–74. doi: 10.53859/02352451_2022_36_5_67.
7. Dubovskova M.P., Shevkhuzhev A.F., Pogodaev V.A., Molodozhnikova N. M. Results of the evaluation of the genealogical lines of cattle according to breeding characteristics when creating a highly productive herd of the Hereford breed // Dairy and beef cattle farming. 2024. No.5. P. 26–29. DOI: 10.33943/MMS.2024.90. 95.005.
8. Pichkalev A.V. Generalized Harrington's desirability function for the comparative analysis of technical facilities // Research of the science city. 2012. No.1(1). P. 25–28 .
9. Relationship of polymorphic variants of the TG gene with exterior parameters in Kalmyk bull calves / A.F. Shevkhuzhev, V.A. Pogodaev, L.N. Skorykh et al. // Izvestia Orenburg State Agrarian University. 2024. No. 4 (108). P. 268–273. <https://doi.org/10.37670/2073-0853 - 2024-108-4-268-273>.
10. Sokht K.A., Kirichenko A.K. Application of the method of the composite quality index in the selection of the technological scheme of agricultural machinery // Collection of scientific papers of the KNIISKH Mechanization of grain production in the Krasnodar Territory. 1979. Issue 18. P. 108–113.

11. Katkov K.A. Review of methods for evaluating and ranking animals by several criteria using a complex index // Agricultural Journal. 2020. No. 3(13). P. 51–58 .
12. Postnikov V.M., Spiridonov S.B. Methods of selecting weight coefficients of local criteria // Science and Education. Bauman Moscow State Technical University. Electronic journal. 2015. No. 06. P.267–287.
13. Procedure and conditions for conducting valuation of breeding beef cattle / Kh.A. Amerkhanov, I.M. Dunin, V.I. Sharkaev et al. // Governing document. Moscow. Science and Engineering Board of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation. 2012. 36p.
14. Procedure and conditions for evaluating servicing bulls of beef breeds according to their own productivity and the quality of offspring / G.F. Safina, F.G. Kaiumov, R.F. Tretiakova, etc. Moscow. 2020. 24 p.
15. Gerasimov N.P. Dzhulamanov K.M. Breeding evaluation and selection of Hereford bull calves for selective breeding // Vestnik of Buryat state academy of agriculture named after V. Philippov. 2020. No.1 (58). P.39–45.

Информация об авторах

Катков Константин Александрович, кандидат технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник, тел.: +7 918 861-98-02, e-mail: kkatkoff@mail.ru; ORCID 0000-0003-4734-8656
Дубовскова Марина Павловна, главный научный сотрудник, доктор сельскохозяйственных наук, +7 922 621-61-78, e-mail: dubovskova.m@mail.ru, ORCID 0000-0001-6915-4647
Шевхужев Анатолий Феофанович, главный научный сотрудник, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, тел.: +7 962 439-45-55, e-mail: shevkhuzhevaf@yandex.ru, ORCID 0000-0002-9164-4199
Погодаев Владимир Аникеевич, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник. тел.: +7 918 785-85-25, e-mail: pogodaev_1954@mail.ru, ORCID 0000-0002-9165-1225

Information about the authors

K. A. Katkov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Leading Researcher, tel.: 8(918)861-98-02, e-mail: kkatkoff@mail.ru ; ORCID 0000-0003-4734-8656
M. P. Dubovskova, Chief Researcher, Doctor of Agricultural Sciences, tel.: 8-922-621-61-78, e-mail: dubovskova.m@mail.ru , ORCID 0000-0001-6915-4647
A. F. Shevkhuzhev, Chief Researcher, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, tel.: +79624394555, e-mail: shevkhuzhevaf@yandex.ru , ORCID 0000-0002-9164-4199
V. A. Pogodaev, Doctor of Agricultural Sciences, Chief Researcher. tel.: 8 (918) 785-85-25, e-mail: pogodaev_1954@mail.ru , ORCID 0000-0002-9165-1225

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 25.11.2024; одобрена после рецензирования 05.12.2024; принята к публикации 17.12.2024.

The article was submitted 25.11.2024; approved after reviewing 05.12.2024; accepted for publication 17.12.2024.

Катков К. А., Дубовскова М. П., Шевхужев А. Ф., Погодаев В. А.

Сельскохозяйственный журнал. 2024. № 4 (17). С. 76-83
Agricultural journal. 2024; 17 (4). P. 76-83

Зоотехния и ветеринария

Научная статья

УДК: 636.082/38.14

DOI: 10.48612/FARC/2687-1254/008.4.17.2024

ОСОБЕННОСТИ ТЕЛОСЛОЖЕНИЯ ВАЛУШКОВ РОМАНОВСКОЙ ПОРОДЫ И ЕЁ ПОМЕСЕЙ С ЭДИЛЬБАЕВСКОЙ

Владимир Иванович Косилов¹, Юсупжан Артыкович Юлдашбаев²,
Елена Анатольевна Никонова¹, Турсумбай Сатымбаевич Кубатбеков²

¹Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный аграрный университет», Россия, Оренбург, e-mail: kosilov_vi@bk.ru, kaf36@orensau.ru, nikonovaEA84@mail.ru

²Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева», Россия, Москва, email: yuldashbaev@rgau-msha.ru

Аннотация. В товарном овцеводстве основным методом разведения должно стать межпородное скрещивание, позволяющее добиться существенного увеличения продуктивности помесного молодняка за счет проявления гетерозиса. В настоящее время для увеличения мясности овец в качестве отцовской при скрещивании используют эдильбаевскую породу овец. В качестве распространённого метода определения мясности молодняка овец при жизни используется определение особенностей телосложения. Целью исследования стало установление особенностей телосложения валушков романовской породы и её помесей разного поколения с эдильбаевской. Для реализации цели были сформированы три группы баранчиков. В каждой группе находилось по 15 животных: I – чистопородные романовской породы, II – помеси первого поколения $\frac{1}{2}$ романовская $\times$ $\frac{1}{2}$ эдильбаевская, III – помеси второго поколения $\frac{1}{4}$ романовская $\times$ $\frac{3}{4}$ эдильбаевская из ягнят февральского ягнения). При расчёте индексов телосложения выявлено более значительное проявление мясности у помесного молодняка. Достаточно отметить, что в заключительный период выращивания валушки I группы (чистопородные) уступали помесям II и III групп по значению индексов растянутости соответственно на 2,06 и 3,17 %, массивности – на 2,11 и 3,12 %, грудного – на 1,13 и 1,32 % и превосходили их по уровню индексов длинноногости на 1,09 и 1,27 %, сбитости – на 1,76 и 2,01 %. Таким образом, валушки всех генотипов отличались гармоничным телосложением и хорошо выраженными мясными качествами. При этом большей степенью их выраженности характеризовались помесные валушки, особенно помеси второго поколения.

Ключевые слова: овцеводство, романовская порода, эдильбаевская порода, помесные животные, валушки, линейный рост.

Для цитирования: Косилов В.И., Юлдашбаев Ю.А., Никонова Е.А., Кубатбеков Т.С. Особенности телосложения валушков романовской породы и её помесей с эдильбаевской // Сельскохозяйственный журнал. 2024. № 4 (17). С. 76-83.
DOI: 10.48612/FARC/2687-1254/008.4.17.2024

Zootechny and veterinary science

Original article

BODY FEATURES OF WETHER LAMBS OF THE ROMANOV BREED AND ITS CROSSES WITH THE EDILBAEV BREED

Vladimir I. Kosilov¹, Yusupzhan A. Yuldashbaev², Elena A. Nikonova¹, Tursumbai S. Kubatbekov²

¹ Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Orenburg State Agrarian University”, Russia, Orenburg, e-mail: kosilov_vi@bk.ru, kaf36@orensau.ru, nikonovaEA84@mail.ru

² Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Russian State Agrarian University – Moscow State Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev”, Russia, Moscow, Email: yuldashbaev@rgau-msha.ru

Abstract. In commercial sheep breeding, the main method of breeding should be crossbreeding, which will allow a significant increase in the productivity of crossbred young animals due to the heterosis manifestation. Nowadays, in order to increase the meatiness of sheep, the Edilbaev breed is used as a paternal breed when crossing. A common method of determining the meatiness of young sheep during their lifetime is to determine the characteristics of their body. The purpose of the study was to establish the body features of wether lambs of the Romanov breed and its crossbreeds of different generations with the Edilbaev breed. In order to achieve this goal, 3 groups of young rams were formed. There were 15 animals in each group: I – purebred animals of the Romanov breed, II – crossbreeds of the first generation $\frac{1}{2}$ Romanov $\times$ $\frac{1}{2}$ Edilbaev, III – crossbreeds of the second generation $\frac{1}{4}$ Romanov $\times$ $\frac{3}{4}$ Edilbaev of the lambs of the February lambing. When calculating the body indices, a more significant manifestation of meatiness was revealed in crossbred young animals. It should be noted that in the final period of rearing, the wether lambs of group I (purebred) were inferior to the crossbreeds of groups II and III in terms of length indices by 2,06% and 3,17%, respectively, massiveness – by 2,11% and 3,12%, breast – by 1,13% and 1,32% and exceeded them in terms of long-legged indices – by 1,09% and 1,27 %, blockiness – by 1,76 % and 2,01%. Thus, the wether lambs of all genotypes were distinguished by a balanced body and well-defined meat qualities. At the same time, the degree of their manifestation was greater in crossbred wether lambs, especially in second-generation crossbreeds.

Keywords: sheep breeding, Romanov breed, Edilbaev breed, crossbred animals, wether lambs, linear growth.

For citation: Kosilov V.I., Yuldashbaev Yu.A., Nikonova E.A., Kubatbekov T.S. Body features of wether lambs of the Romanov breed and its crosses with the Edilbaev breed // Agricultural Journal. 2024. No. 17 (4). P. 76-83.

DOI: 10.48612/FARC/2687-1254/008.4.17.2024

Введение. Актуальной задачей, стоящей в настоящее время перед агропромышленным комплексом Российской Федерации, является существенное увеличение производства высококачественного мяса [1–7]. Для этого необходимо внедрять в производство меры по развитию всех отраслей животноводства. В первую очередь необходимо добиться рационального использования генетических ресурсов на основе внедрения современных методов селекции [8–11].

Определенную роль для увеличения производства мяса должно сыграть овцеводство [11–15]. Это обусловлено малой капиталоемкостью отрасли, не требующей больших трудовых затрат. Кроме того, овцы обладают высокой адаптационной пластичностью, а также способностью поедать широкий видовой состав трав, что позволяет разводить овец практически на всей территории страны. При этом в товарном овцеводстве основным методом разведения должно стать межпородное скрещивание, способное добиться существенного увеличения продуктивности помесного молодняка за счет проявления гетерозиса.

В настоящее время для увеличения мясности овец в качестве отцовской при скрещивании используют эдильбаевскую породу овец. В качестве распространенного метода определения мясности молодняка овец при жизни используется определение особенностей телосложения.

Цель исследования – оценка особенностей телосложения валушков романовской породы и её помесей разного поколения с эдильбаевской.

Материал и методы исследования. Для реализации цели были сформированы три группы баранчиков. В каждой группе находилось по 15 животных: I – чистопородные романовской породы, II – помеси первого поколения $\frac{1}{2}$ романовская $\times$ $\frac{1}{2}$ эдильбаевская, III – помеси второго поколения $\frac{1}{4}$ романовская $\times$ $\frac{3}{4}$ эдильбаевская из ягнят февральского ягнения.

Этих баранчиков всех подопытных групп кастрировали открытым способом с полным удалением семенников. Согласно методике и поставленной задаче брали промеры при рождении, а также в 4,8 и 10 месяцев, рассчитывая далее индексы телосложения: длинноногости, растянутости, грудной, сбитости, перерослости, костистости, массивности.

Полученные результаты обрабатывали с помощью статистической программы Statistica 10.0 (Stat Soft Inc. США). Достоверность полученных данных устанавливали по Стьюденту. Пределом достоверности служил параметр $P < 0,05$.

Результаты исследований и их обсуждение. Известно, что на телосложение животного существенное влияние оказывает его генотип. Это положение подтверждается и результатами нашего исследования. При этом уже у новорождённого молодняка отмечены межгрупповые различия по величине отдельных индексов телосложения (рисунок 1).

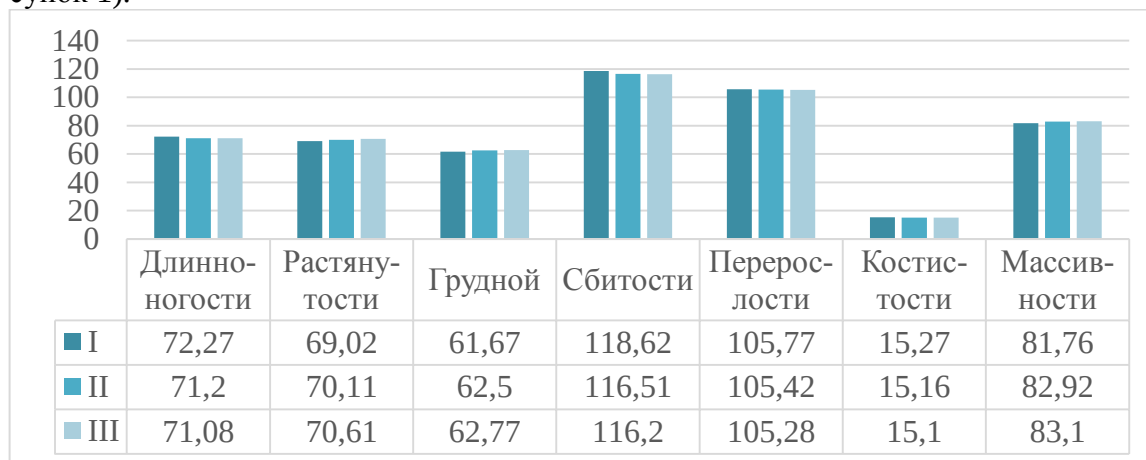


Рисунок 1 – Индексы телосложения новорождённого молодняка, %

Figure 1. Body indices of newborn young animals, %

Так, помеси II и III групп превосходили чистопородных сверстников I группы индексу растянутости соответственно на 1,09 ($P < 0,05$) и 1,59 % ($P < 0,05$), грудного – на 0,83 и 1,10 %, массивности – на 1,16 ($P < 0,05$) и 1,34 % ($P < 0,05$).

В то же время отмечалось преимущество молодняка I группы над помесями II и III групп по величине индексов: длинноногости – на 1,07 ($P < 0,05$) и 1,19 % ($P < 0,05$), сбитости – на 2,11 ($P < 0,05$) и 2,42 % ($P < 0,01$) и перерослости – на 0,35 ($P > 0,05$) и 0,49 % ($P > 0,05$).

Между помесями первого и второго поколения II и III групп существенных межгрупповых не прослеживалось.

В 4-месячном возрасте наблюдали схожую динамику межгрупповых различий по основным индексам телосложения, что и при рождении (рисунок 2).

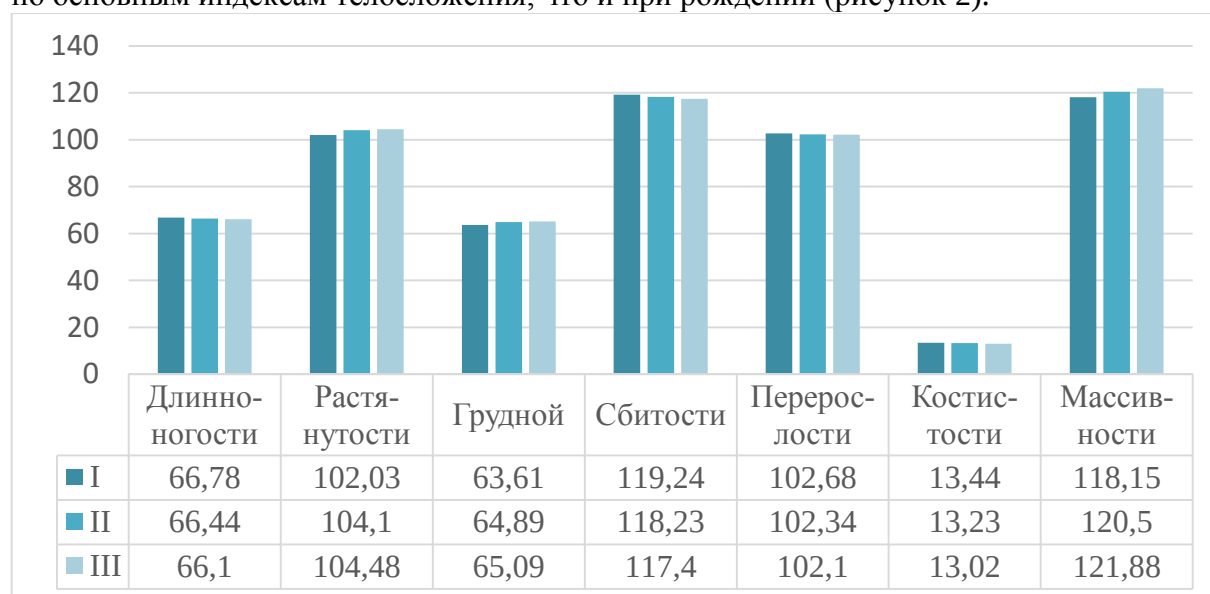


Рисунок 2. Индексы телосложения валушков разного генотипа в 4-месячном возрасте, %

Figure 2. Body indices of wether lambs of different genotypes at 4 months of age, %

Отмечено, что чистопородные валушки I группы уступал помесным валушкам II и III групп по величине индекса растянутости соответственно на 2,07 ($P < 0,05$) и 2,45 % ($P < 0,01$), грудного – на 1,28 ($P < 0,05$) и 1,48 % ($P < 0,05$), массивности – на 2,35 ($P < 0,01$) и 3,73 % ($P < 0,01$). Установлено, что помеси II и III групп отставали от чистопородных валушков I группы по величине индекса длинноногости на 0,34 ($P > 0,05$) и 0,68 % ($P > 0,05$), сбитости – на 1,01 ($P < 0,05$) и 1,84 % ($P < 0,05$), перерослости – на 0,34 ($P > 0,05$) и 0,58 % ($P > 0,05$). Результаты анализа величины индексов телосложения валушков свидетельствуют, что межгрупповые различия, установленные в предыдущие возрастные периоды сохранились и в 8-месячном возрасте (рисунок 3).

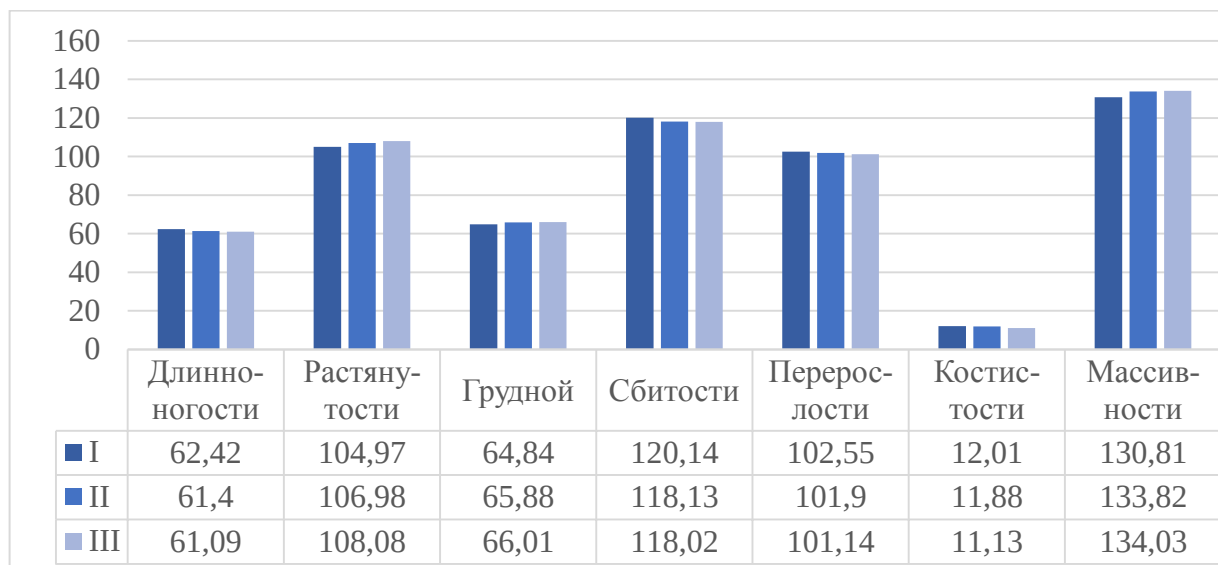


Рисунок 3. Индексы телосложения валушков разного генотипа
в 8-месячном возрасте, %

Figure 3. Body indices of wether lambs of different genotypes at 8 months of age, %

Так, помеси II и III групп превосходили чистопородных валушков I группы по величине индексов: растянутости – на 2,01 ($P < 0,01$) и 3,11 % ($P < 0,01$), грудного – на 1,04 ($P < 0,05$) и 1,17 % ($P < 0,05$), массивности – на 3,01 ($P < 0,01$) и 3,22 % ($P < 0,01$). При этом чистопородные валушки I группы опережали помесных сверстников II и III групп по величине индексов: длинноногости – соответственно на 1,02 ($P < 0,05$) и 1,33 % ($P < 0,05$), сбитости – на 2,01 ($P < 0,05$) и 2,12 % ($P < 0,01$), перерослости – на 0,65 ($P > 0,05$) и 1,41 % ($P < 0,05$).

При анализе межгрупповых различий по величине основных индексов телосложения валушков отмечался такой же ранг их распределения, что и в более ранние возрастные периоды (рисунок 4).

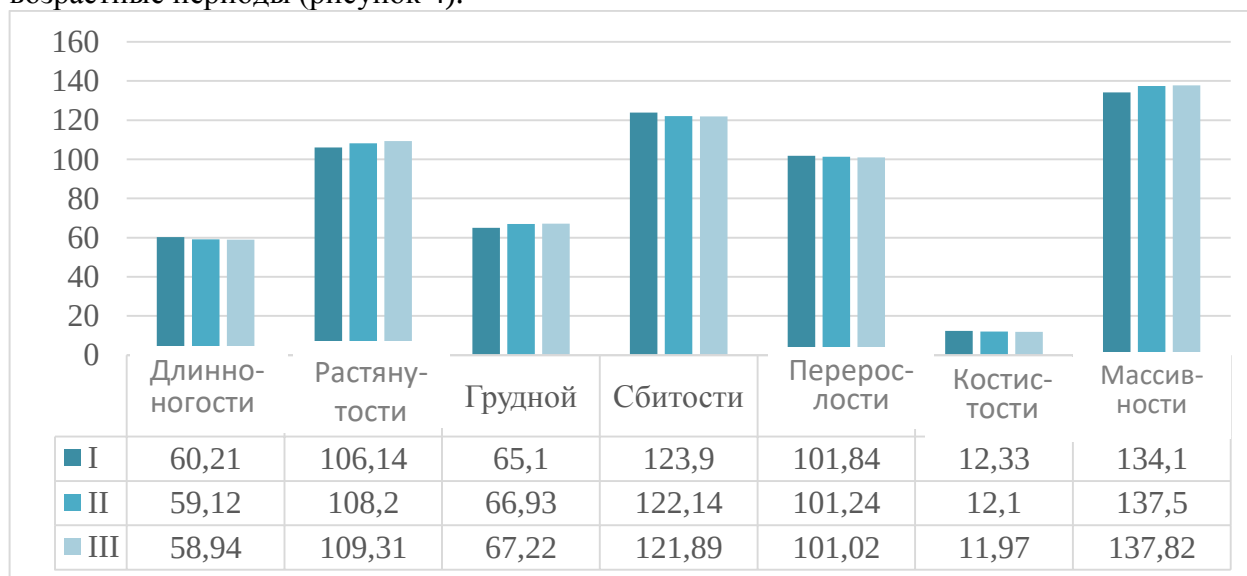


Рисунок 4. Индексы телосложения валушков разного генотипа
в 10-месячном возрасте, %

Figure 4. Body indices of wether lambs of different genotypes at 10 months of age, %

Установлено, что валушки I группы (чистопородные) уступали помесным сверстникам по величине индексов: растянутости – соответственно на 2,06 ($P < 0,01$) и 3,17 % ($P < 0,01$), грудного – на 1,83 ($P < 0,05$) и 2,12 % ($P < 0,01$), массивности – на 3,40 ($P < 0,01$) и 3,72 % ($P < 0,01$). В то же время помеси II и III групп отставали от чистопородного молодняка I группы по величине индексов: длинноногости – на 1,09 ($P < 0,05$) и 1,27 %, сбитости – на 1,76 ($P < 0,05$) и 2,01 % ($P < 0,01$), перерослости – на 0,60 ($P > 0,05$) и 0,82 % ($P > 0,05$).

По величине индекса костистости во всех случаях существенных межгрупповых различий не отмечалось.

Заключение. Результаты оценки особенностей телосложения молодняка подопытных групп свидетельствуют, что валушки всех генотипов отличались гармоничным телосложением и хорошо выраженными мясными качествами. При этом большей степенью их выраженности характеризовались помесные валушки, особенно помеси второго поколения.

Список источников

1. Хозяйственно-полезные качества и биологические особенности овец, полученных от скрещивания пород калмыцкая курдючная и дорпер в условиях аридной зоны Калмыкии / В.А. Погодаев, Н.В. Сергеева, Ю.А. Юлдашбаев, А.И. Ерохин, Е.А. Карасев, Т.А. Магомадов // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2019. Вып. 4. С. 58–76 (DOI 10.34677/0021-342x-2019-4-58-76).
2. Погодаев В.А., Суржикова Е.С., Евлагина Д.Д. Полиморфизм комплексных генотипов генов CAST, GH, GDF9 у баранов породы шароле и молодняка с кровностью $\frac{1}{2}$ калмыцкая курдючная $\times$ $\frac{1}{2}$ шароле в зависимости от живой массы и экстерьерных показателей // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2023. № 5 (103). С. 332–339.
3. Косилов В.И., Шкилев П.Н., Никонова Е.А. Влияние полового диморфизма на весовой и линейный рост цигайской породы // Овцы, козы, шерстяное дело. 2009. № 2. С. 110–113. EDN: SHXVEL.
4. Мальчиков Р.В. Биологическая полноценность, физико-химические и технологические свойства длиннейшей мышцы спины баранчиков разных генотипов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2023 № 5 (103). С. 324–328.
5. Косицина О.В., Иолчиев Б.С., Косицин А.В. Весовой и линейный рост ягнят породы южная мясная и помесей $\frac{1}{2}$ (южная катумская) // Овцы, козы, шерстяное дело. 2023. № 3. С. 16–18. DOI: 10.26897/2074-0840-2023-3-16-18.
6. Молочная продуктивность маток, рост чистопородного и помесного молодняка южной мясной породы / Б.С. Иолчиев, О.В. Косицина, А.А. Сермягин и др. // Аграрная наука. 2024. № 5. С. 51–55. 10.32634/0869-8155-2024-382-5-51-55.
7. Двалишвили В.Г., Осадчий А.В. Мясная продуктивность чистопородных и помесных романовских баранчиков // Зоотехния. 2024. № 5. С. 24–27. DOI: 10.25708/ZT.2024.31.67.007.
8. Мясность овец эдильбаевской породы в зависимости от уровня кормления / Т.А. Магомадов, В.Г. Двалишвили, А.И. Ерохин и др. // Овцы, козы, шерстяное дело. 2018. № 2. С. 25–29. EDN: XQGZEL.
9. Двалишвили В.Г., Осадчий А.В. Использование корма и продуктивность чистопородного и помесного молодняка овец романовской породы // Овцы, козы, шерстяное дело. 2024. № 1. С. 41–44. DOI: 10.26897/2074-0840-2024-1-41-44.
10. Погодаев В.А., Рачков И.Г., Арилов А.Н. Мясная продуктивность молодняка овец при использовании пробиотиков на основе бифидобактерий // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2024. № 3 (107). С. 328–334. DOI: 10.37670/2073-0853-2024-107-3-328-333
11. Шкилёв П.Н., Газеев И.Р., Никонова Е.А. Биологическая ценность мяса овец цигайской, южноуральской и ставропольской пород с учётом возраста, пола и кастрации // Известия Орен-

бургского государственного аграрного университета. 2011. № 1 (29). С. 181–185. EDN: NDRGGT.

12. Погодаев В.А., Сергеева Н.В., Арилов А.Н. Экстерьерные и интерьерные показатели баранчиков породы дорпер в период адаптации к природно-климатическим условиям калмыкии // Сборник научных трудов Северо-Кавказского научно-исследовательского института животноводства. 2017. Т. 6. № 1. С. 97–101.

13. Морфологические и биохимические показатели крови полутонкорунных овец / Б.Б. Траи-сов, И.С. Бейшова, Ю.А. Юлдашбаев и др. // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2022. № 2 (94). С. 315–319. DOI: 10.37670/2073-0853-2022-94-2-315-319.

14. Пищевая ценность мяса овец разных генотипов / В.И. Косилов, Е.А. Никонова, Б.Б. Траи-сов, Ю.А. Юлдашбаев // Овцы, козы, шерстяное дело. 2018. № 3. С. 25–26. EDN: YLCCFV.

15. Влияние генотипа баранчиков на потребление и использование питательных веществ кор-мов рациона / В.И. Косилов, Ю.А. Юлдашбаев, Е.А. Никонова и др. // Аграрная наука. 2024. № 3. С. 98–103. DOI: 10.32634/0869-8155-2024-380-3-98-103.

References

1. Economic traits and biological features of sheep obtained from crossing Kalmyk fat-tailed and Dorper breeds in the conditions of the arid zone of Kalmykia / V.A. Pogodaev, N.V. Sergeeva, Yu.A. Yuldashbaev, A.I. Erokhin, E.A. Karasev, T.A. Magomadov // Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy. – 2019. – Issue. 4. – P. 58-76. (ISSN 0021- 342X. DOI 10.34677/0021-342x-2019-4-58-76).

2. Pogodaev V.A., Surzhikova E.S., Evlagina D.D. Polymorphism of complex genotypes of CAST, GH, GDF9 genes in Charollais rams and young animals with a blood type of $\frac{1}{2}$ Kalmyk fat-tailed $\times$ $\frac{1}{2}$ Charolais depending on body weight and exterior characteristics // Izvestia Orenburg State Agrarian University. 2023. No. 5 (103). P. 332 – 339

3. Kosilov V.I., Shkilev P.N., Nikonova E.A. Influence of sexual dimorphism on the weight and linear growth of the Tsigai breed // Sheep, goats, wool business. 2009. No. 2. P. 110–113. EDN: SHXVEL

4. Malchikov R.V. Biological full-value, physico-chemical and technological properties of the rib eye muscle of young rams of different genotypes // Izvestia Orenburg State Agrarian University. 2023 No. 5 (103). P. 324–328.

5. Kositsina O.V., Iolchiev B.S., Kositsin A.V. Weight and linear growth of lambs of the southern meat breed and crossbreeds $\frac{1}{2}$ (southern Katumskaya) // Sheep, goats, wool business. 2023. No. 3. P. 16–18. DOI: 10.26897/2074?0840?2023?3-16-18

6. Dairy productivity of ewes, growth of purebred and crossbred young animals of the southern meat breed / Iolchiev B.S., Kositsina O.V., Sermiagin A.A., Dvalishvili V.G., Gusev I.V., Bagirov V.A., Osadchaia T.L., Pavlenko A.S. // Agrarian science. 2024. No. 5. P. 51–55. 10.32634/0869-8155-2024-382-5-51-55.

7. Dvalishvili V.G., Osadchii A.V. Meat productivity of purebred and crossbred Romanov young rams // Zootechniya. 2024. No. 5. P. 24–27. DOI: 10.25708/ZT.2024.31.67.007.

8. Meatiness of sheep of the Edilbaev breed depending on the feeding level / Magomadov T.A., Dvalishvili V.G., Erokhin A.I., Yuldashbaev Yu.A., Amerkhanov H.A., Gishlarkaev E.I., Karasev E.A., Milchevskii V.D., Khatataev S.A. // Sheep, goats, wool business. 2018. No. 2. P. 25–29. EDN: XQG-ZEL

9. Dvalishvili V.G., Osadchii A.V. Use of feed and productivity of purebred and crossbred young sheep of the Romanov breed // Sheep, goats, wool business. 2024. No. 1. P. 41–44. DOI: 10.26897/2074-0840-2024-1-41-44

10. Pogodaev V.A., Rachkov I.G., Arilov A.N. Meat productivity of young sheep using probiotics based on bifidobacteria // Izvestia Orenburg State Agrarian University. 2024. No. 3 (107). P. 328–334. DOI: 10.37670/2073-0853-2024-107-3-328-333

11. Shkilev P.N., Gazeev I.R., Nikonova E.A. Biological value of sheep meat of the Tsigai, South Ural and Stavropol breeds, taking into account age, gender and castration // Izvestia Orenburg State Agrarian University. 2011. No. 1 (29). P. 181–185. EDN: NDRGGT.

12. Pogodaev V.A., Sergeeva N.V., Arilov A.N. Exterior and interior parameters of Dorper young

rams during the period of adaptation to natural and climatic conditions of Kalmykia // Collection of scientific papers of the North-Caucasus Scientific Research Institute of Animal Husbandry. 2017. Vol. 6. No. 1. P. 97–101.

13. Morphological and biochemical blood parameters of semi-fine wool sheep/ Traisov B.B., Beishova I.S., Yuldashbaev Yu.A., Kosilov V.I., Nikonova E.A.// Izvestia Orenburg State Agrarian University. 2022. No. 2 (94). P. 315–319. DOI: 10.37670/2073-0853-2022-94-2-315-319.

14. Nutritional value of sheep meat of different genotypes/ Kosilov V.I., Nikonova E.A., Traisov B.B., Yuldashbaev Yu.A.// Sheep, goats, wool business. 2018. No. 3. P. 25–26. EDN: YLCCFV.

15. The influence of the genotype of young rams on the consumption and use of nutrients of feed of the ration/ Kosilov V.I., Yuldashbaev Yu.A., Nikonova E.A., Rakhimzhanova I.A., Kaliakina R.G., Dolgaia M.N. //Agrarian science. 2024. No. 3. P. 98–103. DOI: 10.32634/0869-8155-2024-380-3-98-103.

Сведения об авторах

Владимир Иванович Косилов, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры технологии производства и переработки продукции животноводства, тел.: 8 919 840-23-01, e-mail: kosilov_vi@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4754-1771>

Юсупжан Артыкович Юлдашбаев, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАН, профессор института зоотехнии и биологии, тел.: 8 905 551-72-41, e-mail: yuldashbaev@rgau-msha.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7150-1131>

Елена Анатольевна Никонова, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, профессор кафедры технологии производства и переработки продукции животноводства, тел.: 8 922 549-24-67, e-mail: nikonovaea84@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0906-8362>

Турсумбай Сатымбаевич Кубатбеков, доктор биологических наук, профессор института зоотехнии и биологии, тел.: 8 925 157-80-07, e-mail: Tursumbai61@list.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0911-9791>

Information about the authors

V.I. Kosilov, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Production Technology and Processing of Livestock Products, tel. 8-919-840-23-01, e-mail: kosilov_vi@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4754-1771>

Yu.A. Yuldashbaev, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Professor of the Institute of Animal Science and Biology, tel. 8-905-551-72-41, e-mail: yuldashbaev@rgau-msha.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7150-1131>

E.A. Nikonova, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Production Technology and Processing of Livestock Products, tel. 8-922-549-24-67, e-mail: nikonovaea84@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0906-8362>

T.S. Kubatbekov, Doctor of Biological Sciences, Professor of the Institute of Animal Science and Biology, tel. 8-925-157-80-07, e-mail: Tursumbai61@list.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0911-9791>

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 17.10.2024; одобрена после рецензирования 25.10.2024; принята к публикации 17.12.2024.

The article was submitted 17.10.2024; approved after reviewing 25.10.2024; accepted for publication 17.12.2024.

Косилов В.И., Юлдашбаев Ю.А., Никонова Е.А., Кубатбеков Т.С.

Сельскохозяйственный журнал. 2024. № 4 (17). С. 84-97
Agricultural journal. 2024; 17 (4). P. 84-97

Зоотехния и ветеринария

Научная статья

УДК: 636.082.12

DOI: 10.48612/FARC/2687-1254/009.4.17.2024

ПОЛНОГЕНОМНЫЙ ПОИСК АССОЦИАЦИЙ КАК ПЕРСПЕКТИВНЫЙ МЕТОД В ЖИВОТНОВОДЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ (Обзор)

Александр Юрьевич Криворучко¹, Татьяна Юрьевна Егорова¹,
Роман Владимирович Зуев²

¹Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр», Россия, Ставропольский край, г. Михайловск, e-mail: info@fnac.center

²Северо-Кавказский федеральный университет, Россия, г. Ставрополь, e-mail: ncfu_main@mail.ru

Аннотация. В основе эффективного разведения сельскохозяйственных животных лежит использование технологий, базирующихся на последних достижениях молекулярной генетики. С помощью методов маркер-ассоциированной селекции проводится отбор особей по определенным генам, регулирующим формирование продуктивных показателей. Как известно, многие экономически важные характеристики продуктивности являются количественными признаками. За их развитие и фенотипическое проявление могут отвечать сразу несколько генов. Среди них ранее были идентифицированы гены с выраженным влиянием на фенотип животного, используемые в качестве ДНК-маркеров продуктивных показателей. К генам мясной продуктивности относятся миостатин (*MSTN*), каллипигия (*CLPG*), кальпаин (*CAPN1*), кальпастатин (*CAST*), гормон роста (*GH*). За молочную продуктивность отвечают гены пролактин (*PRL*), бета-лактоглобулин (*BLG*), а за шерстную – кератин-ассоциированный белок 1.3 (*KAP 1.3*). Однако некоторые из этих генов встречаются только в одном варианте, как правило положительном, закрепившемся в результате селекционных мероприятий. Некоторые другие гены в силу различных причин, например особых климатических условий или рациона кормления, могут не настолько активно проявлять свои свойства, поэтому особенно важным является поиск новых генов, отвечающих за реализацию того или иного продуктивного показателя у сельскохозяйственных животных. Для этой цели в животноводческой отрасли активно применяется технология полногеномного поиска ассоциаций, помогающая определять новые гены-кандидаты, функции которых могут быть связаны с фенотипическим проявлением исследуемого параметра продуктивности. Благодаря ассоциативным исследованиям были предложены новые генетические маркеры и гены-кандидаты хозяйственно ценных признаков у крупного рогатого скота, свиней и других животных. В связи с этим цель настоящего обзора заключалась в анализе современных научно-исследовательских работ, посвященных использованию метода полногеномного поиска ассоциаций для идентификации новых генов-кандидатов продуктивных признаков у различных видов сельскохозяйственных животных.

Ключевые слова: животноводство, геномная селекция, продуктивный признак, полногеномный поиск ассоциаций, ген-кандидат, однонуклеотидный полиморфизм.

Для цитирования: Криворучко А.Ю., Егорова Т.Ю., Зуев Р.В. Полногеномный поиск ассоциаций как перспективный метод в животноводческой отрасли (обзор)// Сельскохозяйственный журнал. 2024. № 4 (17). С. 84-97.
DOI: 10.48612/FARC/2687-1254/009.4.17.2024

Zootechny and veterinary science

Original article

GENOME-WIDE ASSOCIATION STUDY AS A PROMISING METHOD IN THE LIVESTOCK BREEDING INDUSTRY (Review)

Aleksandr Yu. Krivoruchko¹, Tatiana Yu. Egorova¹, Roman V. Zuev²

¹Federal State Budgetary Scientific Institution “North Caucasus Federal Agricultural Research Center”, Russia, Stavropol Territory, Mikhailovsk, e-mail:info@fnac.center

²North Caucasus Federal University, Russia, Stavropol, e-mail:ncfu_main@mail.ru

Abstract. The basis for efficient breeding of farm animals is the use of technologies based on the latest achievements in molecular genetics. Using marker-assisted selection methods, individuals are selected according to certain genes that regulate the formation of productive characteristics. As is known, a lot of economically important productivity characteristics are quantitative traits. Several genes may be responsible for their development and phenotypic manifestation at once. Among them, genes with a pronounced effect on the animal's phenotype were previously identified and used as DNA markers of productive characteristics. Meat productivity genes include myostatin (*MSTN*), callipyge (*CLPG*), calpain (*CAPN1*), calpastatin (*CAST*), growth hormone (*GH*). The genes prolactin (*PRL*), beta-lactoglobulin (*BLG*) are responsible for milk productivity, and keratin-associated protein 1.3 (*KAP 1.3*) is responsible for wool productivity. However, some of these genes are found only in one variant, usually positive, which was fixed as a result of selective breeding. Some other genes, for various reasons, for example, special climatic conditions or a diet, may not be so active in showing their characteristics. Therefore, it is especially important to search for new genes responsible for the implementation of a particular productive characteristic in farm animals. For this purpose, the livestock industry actively uses the technology of genome-wide association study, which identifies new candidate genes, which functions may be related to the phenotypic manifestation of the studied productivity parameter. Thanks to associative studies, new genetic markers and candidate genes for economically valuable traits in cattle, pigs and other animals were proposed. In this regard, the purpose of this review was to analyze modern research papers, which were devoted to the use of the method of genome-wide association study for the identification of new candidate genes for productive traits in various species of farm animals.

Keywords: livestock breeding, genomic selection, productive trait, genome-wide association study, candidate gene, single-nucleotide polymorphism.

For citation: Krivoruchko A.Yu., Egorova T.Yu., Zuev R.V. Genome-wide association study as a promising method in the livestock breeding industry (review) // Agricultural Journal. 2024. No. 17 (4). P. 84-97. DOI: 10.48612/FARC/2687-1254/009.4.17.2024

Введение. Изначально полногеномный поиск ассоциаций разрабатывался как метод биомедицинских исследований, направленный на выявление связи однонуклеотидных полиморфизмов с заболеваниями человека. Однако в дальнейшем GWAS нашел широкое применение в области генетики и селекции сельскохозяйственных животных. Это стало возможным благодаря доступности геномных последовательностей многих видов животных и обнаружению большого числа SNP[1].

За последние несколько лет в области животноводства проведено множество полногеномных исследований. Основное их направление связано с изучением особенностей генотипов особей, а также выявлением новых генетических маркеров продуктивности.

В связи с этим цель настоящей работы заключалась в поиске и анализе научной литературы, касаемо современного состояния ассоциативных исследований, выполненных на основных видах сельскохозяйственных животных для поиска потенциальных генов-кандидатов продуктивных признаков.

Материал и методы исследований. В качестве материала для выполнения аналитического обзора выступили научные работы отечественных и зарубежных авторов в области молекулярной генетики и геномной селекции сельскохозяйственных животных.

Одной из ведущих отраслей животноводства является скотоводство. В первую очередь это обусловлено широкой распространенностью КРС в различных природно-климатических зонах, более продолжительным сроком жизни, а также разнообразием получаемой продукции [1], поэтому одни из первых работ по GWAS были проведены на крупном рогатом скоте.

Результаты исследований и их обсуждение. Charlier C. Et al. (2008) сообщили о мелкомасштабном картировании пяти рецессивных нарушений у четырех пород КРС с использованием SNP-панелей: врожденная мышечная дистония 1 (CMD1), врожденная мышечная дистония 2 (CMD2) и синдром кривого хвоста (CTS) у бельгийского голубого скота, липофусциноз почек (RL) у голштино-фризской и датской красной пород и фетальный ихтиоз (IF) у кианской породы. В результате были определены гены и мутации, связанные с CMD1 (*ATP2A1*), CMD2 (*SLC6A5*) и IF (*ABCA12*), а также идентифицированы новые миссенс-мутации, связанные с изменением функций белковых продуктов выявленных генов. Несмотря на то, что рассмотренные нарушения являются скорее менделирующими признаками (Mendelian traits), чем комплексными, исследование продемонстрировало эффективность применения панелей SNP высокой плотности [2].

Анализ более сложного комплекса признаков при помощи GWAS описан в работе Hayes B.J. et al. (2009), в которой говорится о реакции молочного скота на тепловой стресс и уровень питания. По результатам исследования установлено, что на хромосомах 9 и 29 расположены три наиболее значимых SNP, связанных с показателями молочной продуктивности. Анализ их локализации позволил предложить два гена-кандидата – фактор роста фибробластов 4 (*FGF4*), ассоциированный с индексом температуры и влажности, и глицерол-3-фосфатдегидрогеназу (*G3PD*), влияющий на чувствительность к уровню кормления [3].

При проведении дальнейших научных работ основной вектор исследований был направлен на поиск геномных ассоциаций с хозяйственно ценными признаками у крупного рогатого скота мясного и молочного направлений с целью улучшения характеристик получаемой продукции.

Качество мяса представляет собой комплексный параметр, на проявление которого влияют многие факторы. Один из них – жирно-кислотный состав. Uemoto Y. et al. (2011) провел одно из первых ассоциативных исследований состава жирных кислот в популяции японского черного скота с использованием Illumina BovineSNP50 Bead Chip. В результате на хромосоме 19 выявлено тридцать два значимых SNP, включая замену g.16024A>G в гене синтазы жирных кислот (*FASN*), связанные с синтезом олеиновой кислоты (C18:1) во внутримышечном жире трапецевидных мышц у исследуемой группы животных [4].

При оценке качества мяса, помимо биохимических показателей, учитываются параметры цвета жировой и мышечной тканей, мраморность, площадь поперечного среза длиннейшей мышцы, нежность мяса (сила сдвига) [5]. Для улучшения говядины проводится идентификация генетических маркеров, контролирующих проявление этих признаков. Полногеномный поиск, выполненный на симментальской породе, позволил идентифицировать гены-кандидаты качественных параметров говядины, в области которых локализовано девятнадцать SNP: *TMEM236*, *SORL1*, *TRDN*, *S100A10*, *AP2S1*, *KCTD16*, *LOC506594*, *DHX15*, *LAMA4*, *PREX1* и *BRINP3*. Исследование выполнено с использованием чипов высокой плотности Illumina Bovine HD 770K, что позволило получить высоко достоверные данные [6]. В работе Pegolo S. et al. (2020), кроме признаков качества мяса, изучались характеристики туши: возраст на момент убоя, масса туши, суточный прирост, оценка мяса и площадь реберных мышц. GWAS позволил обнаружить тридцать семь значимых замен в различных областях генов, показавших связь с изучаемыми признаками: *LAP3*, *FAM184B*, *NCAPG*, *LCORL*, *SHISA9*, *BRD2* [7].

Большое внимание уделено исследованиям, связанным с улучшением характеристик пород молочного направления. Полногеномный поиск, проведенный на канадской популяции голштинской породы, позволил идентифицировать новые потенциальные гены-кандидаты для показателей молока и функций молочной железы: *ERCC6*, *TONSL*, *NPAS2*, *ACER3*, *ITGB4*, *GGT6*, *ACOX3*, *MECR*, *ADAM12*, *ACHE*, *LRRC14*, *FUK*, *NPRL3*, *EVL*, *SLCO3A1*, *PSMA4*, *FTO*, *ADCK5*, *PP1R16A*, *TEP1* [8]. В бразильской популяции скота голштинской породы идентифицированы геномные области, связанные с показателями надоев, оценки соматических клеток, процентного содержания жира, белка и лактозы, а также состава жирных кислот. Выполненный анализ ассоциаций установил гены, влияющие на параметры молочной продуктивности: *SLC37A1*, *PDE9A*, *COL18A1*, *MGST1*, *ABCG2*, *LRRC19*, *LTBP1*, *PAEP*, *GLT6D1*, *DGAT1*, *MFSD4A*, *SLC41A1*, *SLC45A3* [9].

Поиск новых генетических маркеров, ответственных за повышение репродуктивных качеств крупного рогатого скота, обеспечивает рациональную организацию работы по воспроизводству стада. Это позволяет достичь высоких показателей продуктивности и, следовательно, влияет на экономическую эффективность скотоводческих ферм. Сермягин А. А. и др. в своей статье приводят данные о связи значимой однонуклеотидной замены BTA-31636-p0-rs с показателями фертильности (стельность и межотельный период) у телок голштинской породы. Обнаруженный полиморфизм локализован в гене *CCDC58*, функция которого заключается в контроле таких важных процес-

сов, как клеточный цикл, деление клеток, а также фазы мейоза, связанной с разделением хромосом [10].

Помимо продуктивных и репродуктивных признаков, также изучаются генетические механизмы поведения крупного рогатого скота. К ним относится характер животного, косвенно связанный с продуктивностью и благополучием особи, а также являющийся гарантом безопасности труда, влияющим на прибыльность хозяйства. В работе Valente T.S. et al. (2016) говорится о проведенном полногеномном поиске областей генома и их роли в биологических механизмах, лежащих в основе темперамента крупного рогатого скота породы нелор. Было обнаружено шесть генов, потенциально связанных с изучаемым признаком поведения: *NCKAP5*, *PARK2*, *ANTXR1*, *GUCY1A2*, *CPE*, *DOCK1*. Среди них четыре гена (*PARK2*, *GUCY1A2*, *CPE* и *DOCK1*) связаны с дофаминергической системой, формированием памяти, биосинтезом пептидного гормона и нейротрансмиттера, а также развитием мозга [11].

Свиноводство характеризуется как наиболее скороспелая и технологическая отрасль животноводства. За последние десятилетия наблюдается ведение селекционно-племенной работы на основе данных о геномной структуре разводимых пород свиней [12]. При помощи технологии GWAS проводится поиск новых генетических маркеров продуктивности у животных мясного направления. Так, в популяции свиней крупной белой × мейшан с использованием Illumina Porcine SNP60K Beadchip удалось обнаружить гены, связанные с признаками качества свинины: содержанием внутримышечного жира – *SLC13A5*, *DNAH2*, *NDEL1*, *PIK3R5*, *NTN1*, *USP43*, *GLP2R*, *MYH3*, *MYH4*; мраморностью – *USP43*, *EIF5A*; содержанием влаги – *USP43*, *ENSSSCG00000018022*; цветом мяса – *ENSSSCG00000018002*, *USP43*, *DDAH2* [13]. Согласно аналогичному исследованию, проведенному на китайских чистопородных свиньях породы лайву (Laiwu), выявлены гены-кандидаты, ассоциированные с качественными параметрами мяса, – *MAL2*, *LPAR1* и *PRKAG3*, включая четыре связанных гена *MYH* (*MYH1*, *MYH2*, *MYH3* и *MYH13*) [14].

При оценке продуктивных признаков племенных свиней учитываются показатели роста. Полногеномный поиск ассоциаций у свиней породы чуйинг-черный (Chuying-black) позволил идентифицировать гены *MAGED1*, *GPHN*, *CCSER1*, *GUCY2D* для толщины спинного жира и *PARM1*, *COL18A1*, *HSF5*, *SCML2* для глубины мышц спины [15]. В предыдущих работах указана роль генов *IGF2*, *FABP3*, *PKM2* в формировании шпика спины, что подтверждено в работе Xue Y. et al. [16, 17]. У свиней породы дюрок гены *GCLC*, *GPX8*, *DAXX*, *FGF21*, *TAF11*, *SPDEF*, *NUDT3*, *PACSIN1* были отобраны в качестве перспективных кандидатов, влияющих на площадь мышечного «глазка» и глубины мышц поясничной области. Предложенные гены участвуют в процессах метаболизма глутатиона, липидного обмена, развития жировой и мышечной тканей, воздействующих на отложение жира и размер тела свиньи [18].

Другим фактором, оказывающим влияние на формирование показателей роста, является социальное взаимодействие животных в группе. Групповое поведение способствует благополучию и росту отдельных особей и всей популяции. В основе такого взаимодействия лежат как внешние, так и наследственные механизмы воздействия. Процесс реализации социально-генетического эффекта изучен в работе Hong J.-K. et al. (2020). В результате проведенного полногеномного поиска на свиньях породы ландрас с использованием Illumina Porcine SNP60 v2 Bead Chip идентифицированы гены-кандидаты, играющие важную роль в нервно-психических процессах: *PRDM6*, *MAP13K3*, *CNR7*, *HTR1E*, *IL1*, *IL4*, *IL5*, *KIF13A*, *EFHD3*, *SLC2A38*, *mTOR*, *CNOT7*,

PLCB1, GABRR2, GABRR1. Анализ биологической активности и генных сетей подтверждает связь предложенных генов с исследуемыми признаками [19].

Ряд работ посвящен поиску ассоциаций между геномными регионами и пищевым поведением свиней с применением технологии GWAS. Исследование Do D.N. et al. (2014) направлено на поиск генов и связанных с ними биологических путей, участвующих в регуляции остаточного потребления корма у свиней йоркширской породы. В результате гены *XIRP2, TTC29, SOGA1, MAS1, GRK5, PROX155, GPR155, ZFYVE26* были идентифицированы как предполагаемые кандидаты на основе их геномного расположения в непосредственной близости к девяти значимым SNP [20]. Ding R. et al. (2017) провели ассоциативный анализ с целью выявления геномных областей, контролирующих пищевое поведение и характеристики эффективности питания у хряков породы дюрок. По результатам генотипирования установлено пять генов-кандидатов с биохимическими и физиологическими функциями, имеющих отношение к пищевому поведению и эффективности питания: *SERPINA3, MYC, LEF1, PITX2* и *MAP3K14*. Анализ онтологии генов показал, что большинство выявленных генов вовлечено в развитие гипоталамуса [21]. Результаты подобных исследований дают новое представление о генетической основе кормового поведения и эффективности питания свиней.

Свиньи имеют ряд сходств с человеком по анатомическим и физиологическим признакам, благодаря чему могут быть использованы в качестве модели при изучении генетической детерминации биологических и метаболических систем. Ponsuksili S. et al. (2016) в своей работе исследовал гематологические показатели у свиней породы ландрас, связанные с иммунным и метаболическим статусом, а также с некоторыми заболеваниями. Проведенный полногеномный поиск с использованием Porcine SNP60 Bead Chip позволил установить ассоциацию между обнаруженными генами и показателями крови: *TOX2, DDX21, STOX1, LIPC, KDM6A, miR-221, miR-222* – с количеством лейкоцитов и лимфоцитов; *NUP214, RAVR2, MARCH11, C7H14orf2, FAM13A, HERC3, PYURF, EFNB1, IBTK, CD109, L3MBTL1, MYBL2, SERINC3, LOC100521307, ARHGEF9, EDA, NLGN4X, GRIA1, FCRL3, FANK1, KANK4, eIF2B* – с эритроцитарными индексами; *BMP6, ZGLP1, IGF2R, MAS1* – с тромбоцитарными индексами. Полученные данные дают представление о генетической архитектуре гематологических показателей и открывают новые возможности для их применения в качестве индикаторов мониторинга состояния здоровья и инфицирования свиней [22].

По значимости козоводческая отрасль занимает второе место после овцеводства. От коз получают разнообразную продукцию с уникальными свойствами: шерсть (мохер), отличающуюся большим выходом мытого волокна и меньшим содержанием жира, менее жирное мясо (козлятину) и высокопитательное молоко [23]. С целью повышения продуктивности у разных пород коз проводятся ассоциативные исследования, направленные на установления связи полиморфных вариантов генов с продуктивными признаками.

За проявление цвета и качества козьей шерсти отвечает множество генов, поэтому важной задачей является поиск новых генетических маркеров, связанных с проявлением данных показателей. В работе Nazari-Ghadikolaei A. et al. (2018) изучены признаки мохера и цвета шерсти у коз иранской породы мархоз (Markhoz). GWAS, выполненный с использованием чипов Illumina Caprine 50K, позволил обнаружить ассоциацию между генами *ASIP, ITCH, AHCY, RALY* и черным и коричневым цветом, а также *KIT* и *PDGFRA* – с белым. С густотой шерсти значимую связь продемонстрировал *POU1F1*, с диаметром волокна – *MREG*, настригом шерсти – *DUOX1*, жиропотом – *ADGRV1* [24].

Martin P. M. et al. провели исследование на козах зааненской породы для поиска новых локусов, связанных с фенотипами нежелательного окраса шерсти. Одна из характерных черт зааненских коз – белый цвет мохера, равномерно покрывающий все туловище. С целью идентификации геномных областей, ответственных за дефектные «розовый» и «розовошейный» окрасы, был выполнен полногеномный поиск ассоциаций. Высокую связь с «розовым» окрасом показал ген *ASIP*, кодирующий агутти-сигнальный белок. Белковый продукт ингибирует передачу сигналов через рецептор меланокортина-1 (*MC1R*), что приводит к увеличению синтеза феомеланина – желтого/красного пигмента. Для «розовошейной» окраски не было обнаружено явной ассоциации с потенциальными генами-кандидатами, что требует проведения более углубленного изучения [25].

GWAS позволил получить данные о новых генетических вариантах, связанных с молочной продуктивностью коз. Scholtens M. et al. (2020) провел масштабное полногеномное исследование на новозеландских молочных козах. Породный состав включал альпийских, англо-нубийских, зааненских, тоггенбургских и помесных животных, обитающих в регионе Вайкато (Новая Зеландия). Цель работы заключалась в идентификации новых геномных областей, связанных с показателями надоев молока во время лактации, процентного содержания жира и белка, количества соматических клеток в молоке. В результате генотипирования с использованием Illumina Caprine 50 K Bead Chip выявлены гены, полиморфные варианты которых показали ассоциацию с изучаемыми признаками. Гены *RNASEK* и *ASGR2* продемонстрировали связь со всеми четырьмя показателями молока, *DLG4* и *ELP5* – с надоями и процентом содержания жира и белка, *MYH10*, *PTPN5*, *LDHC*, *OR8B4*, *ZDHH13* – с количеством соматических клеток в молоке [26].

Ассоциативный анализ, выполненный на козах зааненской, тоггенбургской и альпийской пород, позволил установить гены *ALOX12*, *SLC1A1*, *LOC102186225* для показателей надоев молока, *ASGR2*, *ALOXE3* – для таких морфологических признаков вымени, как прикрепление и глубина, *ARHGEF15*, *ODF4* – для особенностей параметров передних конечностей [27].

Идентификация новых генов-кандидатов, связанных с признаками экстерьера, обеспечивает основу для генетического улучшения выхода мяса и веса туши у коз мясного направления. Selionova M. et al. (2022) при помощи Illumina Goat SNP53K Beadchip провели полногеномный анализ по шести экстерьерным показателям у молодняка карачаевских коз: живая масса при рождении, живая масса, высота в холке, высота в крестце, косая длина туловища и глубина груди в 4-месячном возрасте. Среди выявленных генов наиболее значимыми стали *MSTN*, *FGF10*, *FGF14*, *GHRH*, *HEG1*, *SLAIN2*, *GRIK3*, *ATP1A3*, *ACACA*, *APBB2*, *PAQR3*, *PGM1*, ассоциированные с живой массой в 4-месячном возрасте, *SYN3*, *TIMP3* – с косой длиной туловища. Обнаруженные гены относятся к факторам роста с высокой экспрессией в мышечной ткани, регулируют энергетический обмен в клетках и участвуют в различных метаболических процессах, включая биосинтез жирных кислот и липидный обмен [28].

Как и у других сельскохозяйственных животных, у коз особое внимание уделяется изучению гематологических показателей, являющихся важным индикатором состояния здоровья. Macri M. et al. (2023) выполнили одномерный и многомерный GWAS с целью исследования эритроцитарных и лейкоцитарных показателей крови у коз испанской породы Мурсия Гранада (Murcia-Granada). В результате ассоциативного поиска высокую достоверность с изучаемыми параметрами показал SNP rs268273004, лока-

лизированный в области гена группы комплементации анемии Фанкони I (*FANCI*). *FANCI* – часть пути анемии Фанкони, участвующего в удалении межцепочечных сшивок ДНК для поддержания стабильности генома. Исследователи предполагают о наличии внутри либо рядом с этим геном причинной мутации с плеiotропным действием на различные признаки эритроцитов, не приводящей к какой-либо наблюдаемой патологии [29].

Важное место среди животноводческих отраслей занимает овцеводство. В первую очередь это связано с большим разнообразием получаемой продукции. От овец получают баранину, высокопитательное молоко, руно с тонкой и полутонкой шерстью, жир, а также сырье для фармацевтической и медицинской промышленности. Немаловажными считаются такие функциональные признаки, как репродуктивная производительность и устойчивость к заболеваниям, поэтому на сегодняшний день в овцеводческой отрасли основной вектор селекционных работ направлен на улучшение продуктивных качеств местных пород с применением современных методов молекулярной генетики [30].

Молочная продуктивность – одна из важнейших характеристик овец. Овечье молоко используется при производстве различных сортов сыров и другой молочной продукции. Идентификация генетических маркеров, оказывающих влияние на показатели молока, имеет решающее значение в вопросе улучшения его производства в ряде будущих поколений [31].

GWAS позволил выявить новые гены, связанные с качественными признаками молока у овец молочного направления. При помощи *OvineSNP50K BeadChip v2* в популяции овец породы Валле-дель-Беличе (*Valledel Belicesheep*) были обнаружены гены-кандидаты молочной продуктивности. Белковые продукты генов *CIDEA*, *LPIN2*, *CDS1*, *FFAR1*, *FFAR2*, *FFAR3*, в значительной степени ассоциированных с процентным содержанием и выходом жира в молоке, участвуют в липидном обмене. Гены *CLIP3*, *ADCY7*, *APLP1*, *CHST8*, *HCST*, *PHKB*, *MALRD1*, *SUCLG2*, *ZBTB7C* продемонстрировали связь с выходом молочного жира и среднесуточным удоем (R.Di Gerlando, 2019). По результатам аналогичного исследования были получены данные о влиянии генов *NOB1*, *TTC7B*, *SUCNR1* на процент жира и белка в молоке, *DCPS* и *TENM3* – на показатели удоя и выхода белка [32]. У овец испанской породы чурра (*Spanish Churra*) ген *LALBA* предложен в качестве кандидата, ассоциированного с процентом содержания белка и жирности молока [33].

Важным элементом при разведении овец является их воспроизводительные качества, во многом определяющие количественный и качественный рост стада. К основным показателям успешного воспроизводства относят плодовитость и репродуктивную активность маток, качество спермы баранов [34]. Полногеномный поиск, выполненный на овцах с высокой и низкой плодовитостью, установил набор генов, связанных с размером помета у разных пород: *BMPR1B*, *FBN1*, *MMP2* – у породы вади (*Wadi*); *GRIA2*, *SMAD1*, *CTNNB1* – у породы ху (*Hu*); *NCOA1* – у овец исландской породы (*Icelandic*); *INHBB*, *NF1*, *FLT1*, *PTGS2*, *PLCB3* – финской породы (*Finnsheep*); *ESR2* – романовской породы (*Romanovsheep*); *ESR1*, *GHR*, *ETS1*, *MMP15*, *FLI1*, *SPP1* – тексель (*Texel*) [35]. В геноме овец лори-бахтиари (*Lori-Bakhtiarisheep*) выявлен ген *LHCGR*, который потенциально может быть рассмотрен в качестве кандидата, связанного с размером помета [36].

Главный критерий оценки спермы баранов – подвижность сперматозоидов. С целью выяснения генетических факторов, оказывающих влияние на качество эякулята, было проведено ассоциативное исследование на баранах молочно-мясной породы ас-

саф (Assaf). В ходе анализа результатов установлены гены, связанные с такими показателями спермы, как активность сперматозоидов (*ARHGEF38*, *PCDH7*, *CABLES1*, *SCAPER*); концентрация сперматозоидов (*DLEU7*, *OSMR*, *RANBP3L*, *NADK2*, *SKP2*, *CAPSL*, *IL7R*, *SPEF2*, *RAI14*, *SORBS2*, *DOCK2*, *CPLANE1*); количество сперматозоидов (*CCSER1*, *KCNIP4*, *GBA3*, *STIM2*, *PARM1*); подвижность сперматозоидов (*SLC9C1*, *TSN*, *GRM8*, *BMP2K*, *PAQR3*, *NCALD*, *DIP2C*, *CMIP*, *CUL9*, *CFB*, *C2*, *FUT10*)[37].

Значительный вред отрасли овцеводства наносят различные инфекционные заболевания, оказывающие огромное влияние на физиологическое состояние животного и, как следствие, сказывающиеся на качестве получаемой продукции. В последние годы большинство исследований направлено на выяснение генетических механизмов устойчивости организма к ряду патогенных расстройств. С этой целью было проведено полногеномное исследование, по результатам которого определены гены, ассоциированные с восприимчивостью к легочным заболеваниям у ягнят пород ромни, купворт, перендейл и тексель, разводимых в Новой Зеландии. Связь с пневмоническими поражениями продемонстрировало семь генов: *RFC4*, *EYA4*, *novellincRNA*, *LSAMP*, *PPIL6*, *KCNMA1*, *ATAD5*. Также установлена ассоциация гена *SP3* с плевритом, белковый продукт которого участвует в активации или подавлении экспрессии многочисленных генов, в том числе регуляторного фактора интерферона *IRF3* и *IL-10*, противовоспалительного цитокина [38].

Среди вирусных заболеваний, встречающихся у овец, значительный вред наносит лентивирус. По патогенному воздействию он аналогичен вирусу иммунодефицита человека (ВИЧ) и приводит организм животного к стойкому пожизненному инфицированию. Целью GWAS, выполненного White S.N. et al. (2012), стал поиск общегеномной связи с восприимчивостью к лентивирусу и контролем его репликации у нескольких пород овец: рамбулье (Rambouillet), полипей (Polypay) и колумбийская (Columbia). В результате исследования определены гены, ассоциированные с вероятностью заражения вирусом – *TMEM154*, *DPPA2*, *SYTL3* и инфекционным контролем – *C19orf42*, *TMEM38A*, *DLGAP1*[39].

Заключение. Резюмируя вышеизложенное, можно сделать следующий вывод: полногеномный поиск ассоциаций представляет собой перспективный метод в исследовании генома сельскохозяйственных животных с целью повышения их продуктивных качеств. Благодаря поиску новых генетических маркеров, ответственных за проявление фенотипических признаков, стал возможен улучшенный отбор особей и подбор родительских пар. В животноводческих хозяйствах такой подход позволяет достичь высоких показателей получаемой продукции, что во многом сказывается на увеличении прибыли.

Список источников

1. Наурызов Т. Развитие отрасли животноводства // Перспективы развития науки и образования в современных экологических условиях : материалы VI Международной научно-практической конференции молодых учёных, посвящённой году экологии в России. Солёное Займище. 2017. С. 523–526.
2. Highly effective SNP-based association mapping and management of recessive defects in livestock / C. Charlier[et al.] // National Genetic. 2008. V. 40. № 4. P. 449–454.
3. A validated genome wide association study to breed cattle adapted to an environment altered by climate change / B.J. Hayes [et al.] // PLoS One. 2009. V. 4. № 8. P. 66-76.
4. Whole- genome association study for fatty acid composition of oleic acid in Japanese Black cattle / Y. Uemoto [et al.] // Animal Genetics. 2011. V. 42. № 2. P. 141-148.

5. Хвостова В. П., Донскова Л. А. Идентификация и экспертиза высококачественной говядины и продуктов на ее основе: товароведные аспекты //e-FORUM. 2021. Т. 5. № 2.
6. Genome-wide association study identifies loci and candidate genes for meat quality traits in Simmental beef cattle / J. Xia[et al.]// Mammalia Genome. 2016. V. 27. P. 246-255.
7. Genome-wide association and pathway analysis of carcass and meat quality traits in Piemontese young bulls / S. Pegolo[et al.]// Animal. 2020. V. 14. № 2. P. 243-252.
8. High-density genome wide genotyping-by-sequencing and association identifies common and low frequency SNPs, and novel candidate genes influencing cow milk traits / E.M. Ibeagha-Awemu[et al.]// Scientific Reports. 2016. V. 6. № 1. P. 1-18.
9. Genome-wide association study for milk production traits in a Brazilian Holstein population / L.H.S. Iung[et al.]//Journal of dairy science. 2019. V. 102. № 6. P. 5305-5314.
10. Полногеномный анализ ассоциаций с продуктивными и репродуктивными признаками у молочного скота в Российской популяции голштинской породы / А.А. Сермягин [и др.]// Сельскохозяйственная биология. 2016. Т. 51. № 2. С. 182–193.
11. Genome-wide association study between single nucleotide polymorphisms and flight speed in Nellore cattle / T.S. Valente[et al.]// PLoS One. 2016. V. 11. № 6. P. 1-18.
12. Бажов Г.М. Племенное свиноводство: учебное пособие для вузов. М.: Юрайт. 2020.349 с.
13. Genome-wide association analysis of meat quality traits in a porcine large white × minzhu intercross population / W. Luo[et al.]// International journal of biological sciences.2012. V. 8. № 4. P. 580-595.
14. Genome-wide association analysis reveals genetic loci and candidate genes for meat quality traits in Chinese Laiwu pigs / X. Xiong [et al.] // Mammalian Genome. 2015. V. 26. P. 181-190.
15. Genome wide association studies for growth- related traits in a crossbreed pig population / Y. Xue[et al.] //Animal Genetics. 2021. V. 52. № 2. P. 217-222.
16. Association of genetic variants for FABP3 gene with back fat thickness and intramuscular fat content in pig / K.H. Cho [et al.] //Molecular biology reports. 2011. V. 38. P. 2161-2166.
17. Association of a pyruvate kinase M2 (PKM2) polymorphism with back fat thickness in Berkshire pigs / E.S. Cho [et al.] //Journal of Animal Science and Technology. 2013. V. 55. № 6. P. 515-520.
18. Meta-analysis of genome-wide association studies for loin muscle area and loin muscle depth in two Duroc pig populations / Z. Zhuang [et al.] //PloS one. 2019. V. 14. № 6. P. e0218263.
19. Single-step genome-wide association study for social genetic effects and direct genetic effects on growth in Landrace pigs / J.-K. Hong [et al.]// Scientific Reports. 2020. V. 10. № 1. P. 1-11.
20. Genome-wide association and pathway analysis of feed efficiency in pigs reveal candidate genes and pathways for residual feed intake / D.N. Do [et al.]// Frontiers in Genetics.2014. V. 5. P. 1-10.
21. Genome-wide association analysis reveals genetic loci and candidate genes for feeding behavior and eating efficiency in Duroc boars / R. Ding [et al.]// PLoS One. 2017.V. 12. № 8. P. 1-15.
22. Single- and bayesian multi-marker genome-wide association for haematological parameters in pigs / S. Ponsuksili[et al.]// PLoS One.2016. V. 11. № 7. P. 1-14.
23. Ткачев С. М., Семенченко С.В. Продуктивность коз разных пород при использовании в рационах нетрадиционных кормов в условиях КФХ «Стаценко» Усть-Донецкого

- района Ростовской области // Вестник Донского государственного аграрного университета. 2014. № 3. С. 22–27.
24. Genome-wide association studies identify candidate genes for coat color and mohair traits in the Iranian Markhoz goat / A. Nazari-Ghadikolaei[et al.]//Frontiers in genetics.2018. V. 9. P. 105.
25. Genome wide association study identifies new loci associated with undesired coat color phenotypes in Saanen goats / P.M. Martin[et al.] // PloS one. 2016. V. 11. № 3. P. e0152426.
26. Genome-wide association studies of lactation yields of milk, fat, protein and somatic cell score in New Zealand dairy goats /M. Scholtens[et al.]//Journal of Animal Science and Biotechnology. 2020. V. 11. P. 1-14.
27. Genome-wide association study of conformation and milk yield in mixed-breed dairy goats / S. Mucha[et al.]// Journal of dairy science. 2018. V. 101. № 3. P. 2213-2225.
28. Genome-wide association study of live body weight and body conformation traits in young Karachai goats /M. Selionova[et al.]//Small Ruminant Research. 2022. V. 216. P. 106836.
29. Univariate and multivariate genome- wide association studies for hematological traits in Murciano- Granadina goats / M.Macri[et al.]//Animal Genetics. 2023.V. 54. № 4. P. 491-499.
30. Возможности использования генетических маркеров в селекции овец / И.В. Мусаява[и др.] // Современные научно-практические решения развития АПК: Материалы Национальной научно-практической конференции – Дагестан: ИП «Магомедалиева С.А.». 2018. С. 62–66.
31. Genome- wide association study of milk production traits in a crossbred dairy sheep population using three statistical models / H. Li [et al.] // Animal Genetics. 2020. V. 51.№. 4. P. 624-628.
32. Genome- wide association studies for milk production traits in Valle del Belice sheep using repeated measures / A. M. Sutura [et al.] // Animal Genetics. 2019. V. 50. №. 3.P. 311-314.
33. GWA analysis for milk production traits in dairy sheep and genetic support for a QTN influencing milk protein percentage in the *LALBA* gene / E. Garcia-Gamez [et al.] // PLoS One. 2012. V. 7. №. 10. P. 1115-1126.
34. Айбазов, А.-М.М., Мамонтова Т.В. Интенсификация воспроизводства овец в ставропольском крае (Часть 2. Плодовитость овец и пути ее повышения) // Сельскохозяйственный журнал. 2020. №. 4. С. 19–28.
35. Genome-wide association analyses highlight the potential for different genetic mechanisms for litter size among sheep breeds / S.S. Xu [et al.] // Frontiers in Genetics. 2018.V. 9. P. 118-127.
36. Genomewide association study to identify genomic regions affecting prolificacy in Lori-Bakhtiari sheep / R. Abdoli [et al.]// Animal Genetics. 2018. V. 49. №. 5.P. 488-491.
37. Genome-wide association studies for sperm traits in Assaf sheep breed / M. Serrano[et al.] // Animal. 2021. V. 15. №. 2. P. 578-589.
38. Genome-wide association study of lung lesions and pleurisy in New Zealand lambs / K.M. McRae [et al.] // Journal of Animal Science. 2018. V. 96. №. 11. P. 4512-4520.
39. Genome-wide association identifies multiple genomic regions associated with susceptibility to and control of ovine lentivirus / S.N. White [et al.] // PLo S ONE. 2012. V. 7.№. 10. P. 489-501.

References

1. Nauryzov T. Development of the livestock industry // Prospects for the development of science and education in modern environmental conditions: materials of the VI International Scientific and Practical Conference of Young Scientists dedicated to the Year of Ecology in Russia. Solyonoye Zaymishche. 2017. P. 523 – 526.
2. Highly effective SNP-based association mapping and management of recessive defects in livestock / C. Charlier[et al.] // National Genetic. 2008. V. 40. No. 4. P. 449–454.
3. A validated genome wide association study to breed cattle adapted to an environment altered by climate change / B.J. Hayes [et al.] // PLoS One. 2009. V. 4. No. 8. P. 66-76.
4. Whole- genome association study for fatty acid composition of oleic acid in Japanese Black cattle / Y. Uemoto [et al.] // Animal Genetics. 2011. V. 42. No. 2. P. 141-148.
5. Khvostova V. P., Donskova L. A. Identification and examination of high-quality beef and products based on it: commodity aspects // e-FORUM. 2021. V. 5. No 2.
6. Genome-wide association study identifies loci and candidate genes for meat quality traits in Simmental beef cattle / J. Xia[et al.] // Mammalia Genome. 2016. V. 27. P. 246-255.
7. Genome-wide association and pathway analysis of carcass and meat quality traits in Piemontese young bulls / S. Pegolo[et al.]// Animal. 2020. V. 14. No. 2. P. 243-252.
8. High-density genome wide genotyping-by-sequencing and association identifies common and low frequency SNPs, and novel candidate genes influencing cow milk traits / E.M. Ibeagha-Awemu[et al.]// Scientific Reports. 2016. V. 6. No. 1. P. 1-18.
9. Genome-wide association study for milk production traits in a Brazilian Holstein population / L.H.S. Iung[et al.]//Journal of dairy science. 2019. V. 102. No. 6. P. 5305-5314.
10. Genome-wide analysis of associations with productive and reproductive traits in dairy cattle in the Russian population of the Holstein breed / A.A. Sermiagin [et al.]// Agricultural Biology. 2016. V. 51. No 2. P. 182 – 193.
11. Genome-wide association study between single nucleotide polymorphisms and flight speed in Nellore cattle / T.S. Valente[et al.]// PLoS One. 2016. V. 11. No. 6. P. 1-18.
12. Bazhov G.M. Pedigree pig breeding: a textbook for universities. M.: Yurait. 2020. 349 p.
13. Genome-wide association analysis of meat quality traits in a porcine large white × minzhu intercross population / W. Luo [et al.]// International journal of biological sciences.2012. V. 8. No. 4. P. 580-595.
14. Genome-wide association analysis reveals genetic loci and candidate genes for meat quality traits in Chinese Laiwu pigs / X. Xiong [et al.] // Mammalian Genome. 2015. V. 26. P. 181-190.
15. Genome- wide association studies for growth- related traits in a crossbreed pig population / Y. Xue[et al.] //Animal Genetics. 2021. V. 52. No. 2. P. 217-222.
16. Association of genetic variants for FABP3 gene with back fat thickness and intramuscular fat content in pig / K.H. Cho [et al.] //Molecular biology reports. 2011. V. 38. P. 2161-2166.
17. Association of a pyruvate kinase M2 (PKM2) polymorphism with back fat thickness in Berkshire pigs / E.S. Cho [et al.] //Journal of Animal Science and Technology. 2013. V. 55. No. 6. P. 515-520.
18. Meta-analysis of genome-wide association studies for loin muscle area and loin muscle depth in two Duroc pig populations / Z. Zhuang [et al.] //PloS one. 2019. V. 14. No. 6. P. e0218263.
19. Single-step genome-wide association study for social genetic effects and direct genetic effects on growth in Landrace pigs / J.-K. Hong [et al.] // Scientific Reports. 2020. V. 10. No. 1. P. 1-11.

-
20. Genome-wide association and pathway analysis of feed efficiency in pigs reveal candidate genes and pathways for residual feed intake / D.N. Do [et al.]// *Frontiers in Genetics*.2014. V. 5. P. 1-10.
21. Genome-wide association analysis reveals genetic loci and candidate genes for feeding behavior and eating efficiency in Duroc boars / R. Ding [et al.]// *PLoS One*. 2017. V. 12. No. 8. P. 1-15.
22. Single- and bayesian multi-marker genome-wide association for haematological parameters in pigs / S. Ponsuksili [et al.]// *PLoS One*.2016. V. 11. No. 7. P. 1-14.
23. Tkachev S. M., Semenchenko S. V. Productivity of goats of different breeds when using non-traditional feed in the diets in the conditions of the peasant farm “Statsenko” in Ust-Donets district of the Rostov region // *Bulletin of Don State Agrarian University*. 2014. No 3. P. 22–27.
24. Genome-wide association studies identify candidate genes for coat color and mohair traits in the Iranian Markhoz goat / A. Nazari-Ghadikolaei [et al.]//*Frontiers in genetics*.2018. V. 9. P. 105.
25. Genome wide association study identifies new loci associated with undesired coat color phenotypes in Saanen goats / P.M. Martin [et al.] // *PloS one*. 2016. V. 11. No. 3. P. e0152426.
26. Genome-wide association studies of lactation yields of milk, fat, protein and somatic cell score in New Zealand dairy goats /M.Scholtens[et al.]//*Journal of Animal Science and Biotechnology*. 2020. V. 11. P. 1-14.
27. Genome-wide association study of conformation and milk yield in mixed-breed dairy goats / S. Mucha [et al.]// *Journal of dairy science*. 2018. V. 101. No. 3. P. 2213-2225.
28. Genome-wide association study of live body weight and body conformation traits in young Karachai goats /M. Selionova[et al.]//*Small Ruminant Research*. 2022. V. 216. P. 106836.
29. Univariate and multivariate genome- wide association studies for hematological traits in Murciano- Granadina goats / M.Macri[et al.]//*Animal Genetics*. 2023. V. 54. No. 4. P. 491-499.
30. Possibilities of using genetic markers in sheep breeding / I. V. Musaeva [et al.]// *Modern scientific and practical solutions for the development of the agro-industrial complex: Proceedings of the National scientific and practical conference – Dagestan: individual entrepreneur “Magomedalieva S.A.”*. 2018. P. 62 – 66.
31. Genome- wide association study of milk production traits in a crossbred dairy sheep population using three statistical models / H. Li [et al.] // *Animal Genetics*. 2020. V. 51. No. 4. P. 624-628.
32. Genome- wide association studies for milk production traits in Valle del Belice sheep using repeated measures / A. M. Suter [et al.] // *Animal Genetics*. 2019. V. 50. No. 3.P. 311-314.
33. GWA analysis for milk production traits in dairy sheep and genetic support for a QTN influencing milk protein percentage in the *LALBA* gene / E. Garcia-Gamez [et al.] // *PLoS One*. 2012. V. 7. No. 10. P. 1115-1126.
34. Aibazov, A.M.M., Mamontova T.V. Intensification of sheep reproduction in the Stavropol Territory (Part 2. Sheep fertility and ways to increase it) // *Agricultural Journal*. 2020. No 4. P. 19–28.

35. Genome-wide association analyses highlight the potential for different genetic mechanisms for litter size among sheep breeds / S.S. Xu [et al.] // *Frontiers in Genetics*. 2018. V. 9. P. 118-127.
36. Genome- wide association study to identify genomic regions affecting prolificacy in Lori Bakhtiari sheep / R. Abdoli [et al.] // *Animal Genetics*. 2018. V. 49. No 5. P. 488-491.
37. Genome-wide association studies for sperm traits in Assaf sheep breed / M. Serrano[et al.] // *Animal*. 2021. V. 15. No. 2. P. 578-589.
38. Genome-wide association study of lung lesions and pleurisy in New Zealand lambs / K.M. McRae [et al.] // *Journal of Animal Science*. 2018. V. 96. No. 11. P. 4512-4520.
39. Genome-wide association identifies multiple genomic regions associated with susceptibility to and control of ovine lentivirus / S.N. White [et al.] // *PLoS ONE*. 2012. V. 7. No. 10. P. 489-501.

Сведения об авторах

Александр Юрьевич Криворучко, доктор биологических наук, главный научный сотрудник, тел.: +7918881-43-27, e-mail: rcvm@yandex.ru, ORCID 0000-0003-4536-1814

Татьяна Юрьевна Егорова, младший научный сотрудник, тел.: +7988745-53-04, e-mail: saprikina.tanya@mail.ru, ORCID 0000-0002-5306-795X

Роман Владимирович Зуев, научный сотрудник, тел.: +7988755-42-50, e-mail: romus00@yandex.ru, ORCID 0000-0001-9909-6812

Information about the authors

A. Yu. Krivoruchko, Doctor of Biological Sciences, Chief Researcher, tel.: +7-918-881-43-27, e-mail: rcvm@yandex.ru, ORCID 0000-0003-4536-1814

T. Yu. Egorova, Junior Researcher, tel.: +7-988-745-53-04, e-mail: saprikina.tanya@mail.ru, ORCID 0000-0002-5306-795X

R. V. Zuev, Researcher, tel.: +7-988-755-42-50, e-mail: romus00@yandex.ru, ORCID 0000-0001-9909-6812

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 25.11.2024; одобрена после рецензирования 05.12.2024; принята к публикации 17.12.2024.

The article was submitted 25.11.2024; approved after reviewing 05.12.2024; accepted for publication 17.12.2024.

Сельскохозяйственный журнал. 2024. № 4 (17). С. 98-110
Agricultural journal. 2024; 17 (4). P. 98-110

Зоотехния и ветеринария

Научная статья

УДК: 636.22/28(07)

DOI: 10.48612/FARC/2687-1254/010.4.17.2024

СЕЛЕКЦИЯ МОЛОЧНЫХ КОРОВ НА МОДЕЛЬНЫЙ ИДЕАЛЬНЫЙ ТИП (обзор)

Егор Яковлевич Лебедько

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Брянский государственный аграрный университет», Россия, с. Кокино.

E-mail: vasilev.1958@mail.ru

Аннотация. В практике ведения современного индустриального молочного скотоводства большое значение имеет создание высокопродуктивных коров желательного модельного идеального типа. Целью настоящей работы в этой связи явился обзор комплексного изучения получения, выращивания, оценки и использования модельных коров в племенных хозяйствах. Показано, что идея разработки и создания идеальных типов молочных коров уходит в далекий исторический экскурс XVIII века, к научным и практическим работам английского заводчика Р. Беквелла (L.W. Flemberger, 1977; R.L. Powell, 1985). Разработка идеального типа по времени занимает три-четыре года, после чего изготавливается муляж-эталон модельной коровы (Е.Я. Лебедько, 2000; D.A. Hartman, 1988). Модельные идеальные типы коров имеют определенные допуски по продуктивно-экстерьерным показателям (Е.Я. Lebedko, 2017; О.К. Васильева, С.Л. Сафронов, 2018). Такие коровы в условиях производства отличаются рекордной молочной продуктивностью и повышенным периодом хозяйственного использования (Н.А. Абрамова и др., 2018; О. Gruter, 1989). Приводятся показатели экстерьерных характеристик модельных коров (Ф. Гут, 1969; Г.Г. Черепанов и др., 2001). Установлены различия в идеальных типах коров молочных пород в США, Канаде, других странах мира (М.И. Башенко, Л.М. Хмельничий, 2005). Разработаны стандартные требования к полновозрастным коровам модельного типа в значениях: «высота в холке» – 140 см и более; «косая длина туловища» – до 170 см; «живая масса» – до 700–750 кг (С.Л. Сафронов, М.Ф. Смирнова, 2017; Е.Я. Лебедько, 2016). Показано, что на основе селекции молочных модельных коров идеального типа можно существенно повысить молочную продуктивность племенных стад и экономическую эффективность их функционирования.

Ключевые слова: коровы, модельный идеальный тип, селекция, удой, живая масса, промеры тела, объем тела, специализация пород.

Для цитирования: Лебедько Е.Я. Селекция молочных коров на модельный идеальный тип (Обзор) // Сельскохозяйственный журнал. 2024. № 4 (17). С. 98-110.
DOI: 10.48612/FARC/2687-1254/010.4.17.2024

Zootechny and veterinary science

Original article

SELECTIVE BREEDING OF DAIRY COWS FOR A MODEL IDEAL TYPE (Review)

Egor Ya. Lebedko

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Bryansk State Agrarian University”, Russia, Kokino. E-mail: vasilev.1958@mail.ru

Abstract. In the practice of modern industrial dairy cattle breeding, the creation of highly productive cows of the desired model ideal type is of great importance. In this regard, the purpose of this work was to review the comprehensive study of the production, rearing, evaluation and use of model cows in breeding farms. It is shown that the idea of developing and creating ideal types of dairy cows goes back to a distant historical journey of the 18th century to the scientific and practical works of the English breeder R. Beckwell (L.W. Flemberger, 1977; R.L. Powell, 1985). The development of the ideal type takes 3-4 years, after which a replica of model cow is made (E.Ya. Lebedko, 2000; D.A. Hartman, 1988). Model ideal types of cows have certain tolerances in terms of productivity and exterior characteristics (E.Ya. Lebedko, 2017; O.K. Vasileva, S.L. Safronov, 2018). Such cows in production conditions are distinguished by record milk productivity and an increased period of economic use (N.A. Abramova et al., 2018; O. Gruter, 1989). The exterior characteristics of model cows are given (F. Gut, 1969; G.G. Cherepanov et al., 2001). Differences in the ideal types of dairy cows in the USA, Canada, and other countries of the world have been established (M.I. Bashchenko, L.M. Khmelnichii, 2005). Standard requirements have been developed for full-grown cows of the model type in terms of “height at the withers” – 140 cm or more; “oblique body length” – up to 170 cm; “live weight” – up to 700 – 750 kg (S.L. Safronov, M.F. Smirnova, 2017; E.Ya. Lebedko, 2016). It is shown that on the basis of selective breeding of dairy model cows of an ideal type, it is possible to significantly increase the milk productivity of breeding herds and the economic efficiency of their functioning.

Keywords: cows, model ideal type, selective breeding, milk yield, live weight, body measurements, body capacity, breed specialization.

For citation: Lebedko E.Ya. Selective breeding of dairy cows for a model ideal type (review) // Agricultural Journal. 2024. No. 4 (17). P. 98-110.
DOI: 10.48612/FARC/2687-1254/010.4.17.2024

Введение. В современных условиях интенсивного производства молока весьма значимы и актуальны методы и приемы по созданию высокопродуктивных коров желательного, модельного, идеального типа (2, 7). Методологической базой такого учения о типах молочных коров являются историко-эволюционный закон Ч. Дарвина о соотношении развития, а также категория диалектического материализма о взаимосвязи формы и функции (1, 35). Желательный модельный идеальный тип молочных коров обусловлен современными индустриальными технологиями. Идеальный модельный тип молочных коров определяется целым рядом их качеств: продуктивными, интерьерно-биологическими, экстерьерно-конституциональными, технологическими (1,

4, 6). Самым важным и главным этапом в селекции молочных модельных коров идеального типа служит его предварительное проектирование (3), состоящее из нескольких этапов:

1. Первый этап заключается в определении требований к животному желательного (модельного) типа по ряду биологических, экстерьерно-конституциональных, продуктивных и технологических параметров по оценке историко-эволюционных особенностей конкретной породы скота (2, 5).

2. Второй этап предполагает установление методов селекционно-племенной работы и конкретных показателей использования коров основного стада с целью создания скота модельного типа (9, 11).

3. Третий этап – завершающий в этой работе, на котором рассчитывают поголовье скота (относительную его долю) желательного типа на перспективу (в племенных хозяйствах минимум на пять лет) (8, 10, 14).

Зоотехническая наука и практика показывают, что в молочном скотоводстве целесообразно проводить детальную оценку молочных коров по типу (модельности и идеальности) (3). Отечественная (17, 18, 19, 33) и зарубежная практики (1, 2, 6) свидетельствуют о том, что коровы отличного (желательного, модельного, идеального) типа телосложения характеризуются повышенной (рекордной) молочной продуктивностью (3, 8) и имеют большую продолжительность продуктивной жизни (12, 13).

Основная цель исследований заключается в комплексном изучении получения, выращивания, оценки и использования высокопродуктивных молочных коров модельного идеального типа в условиях племенных хозяйств России и зарубежных стран.

Материал и методы исследований. Материалом для подготовки текстового тематического обзора послужили опубликованные в открытой печати научные работы (монографии, практические руководства, рекомендации, статьи) в области селекции молочных модельных коров идеального типа. Поиск литературных источников (данных) осуществлялся в базе eLIBRARY.RU, РИНЦ, Scopus, Science Direct и др., на сайтах специализированных профильных научных изданий (журналов), материалов (сборников) международных и всероссийских (национальных) научно-практических конференций, проведенных в России и разных странах мира. Для выполнения работы использовались базы данных электронных библиотек eLIBRARY (<https://elibrary.ru>), Кибер Ленинка (<https://cyberleninka.ru>), Research-Gate (<https://researchgate.net>), изучена информация из более чем восьмидесяти литературных источников, из которых тридцать два – включены в текст публикации. При подготовке обзорной статьи использовались общепринятые методы научных исследований, такие как индукция, дедукция, анализ, синтез, описание. Глубина научного поиска (обзора) составила в ретроспективном времени около пятидесяти лет, в т. ч. из тридцати двух источников литературы более 65 % датируются 2013–2023 гг.

Результаты исследований и их обсуждение. Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН (ФАО) в течение длительного времени осуществляет аналитический надзор над обеспечением населения планеты продуктами питания, молоком в первую очередь. В абсолютном большинстве стран мира для достижения этой цели в течение 1960–2010 гг. были разработаны перспективные программы по увеличению производства коровьего молока (20, 21). В мировом молочном скотоводстве в указанный период начал внедряться профессиональный

зоотехнический термин «реконструкция пород» (9, 14). На высокий уровень молочной продуктивности коров в мире в это время вышли такие породы, как голштинская, бурая швицкая, израильская фризская и др. (15, 22, 34). К концу XX века значительно возросла численность высококлассных быков-производителей – улучшателей бурой швицкой породы, численность которых в начале 90-х годов достигла 874 голов (10, 14). Супербыком среди этого перечня признан бык по кличке Винтчес Исп Бабарей 175545. Его племенная ценность и прогнозируемая способность характеризовалась показателями:

- удой молока дочерей, +1 171 кг;
- продукция молочного жира, +56 фунтов;
- содержание жира в молоке, +0,06 %;
- продукция молочного белка, +42 фунта;
- улучшение типа телосложения, +0,9 балла;
- повторяемость удоев, 90 %.

В указанный период в США впервые была проведена работа по оценке идеальных типов бурых швицких коров (7,16), что позволило усовершенствовать пунктирную оценку их экстерьера и сделать ее более объективной. С использованием данной системы молочных коров бурой швицкой породы стадии распределили на классы (17):

- превосходный (90–100 баллов);
- очень хороший (85–89 баллов);
- хороший с плюсом (80–84 балла);
- хороший (75–79 баллов);
- посредственный (70–74 балла).

В модельных идеальных типах коров были разработаны также количественные характеристики к размерам тела (габаритам) и живой массе (10, 24).

Для достижения высокой молочной продуктивности швицких коров в ряде стран применялись интенсивные технологии выращивания ремонтных телок (8). Такая технология позволяла получать живую массу телок: в 6 месяцев – 180 кг; в 12 месяцев – 310 кг; в 18 месяцев – 420 кг; в 28 месяцев – возраст первого отела – 510–550 кг (15, 29). В молочном скотоводстве бывшего СССР, в частности Российской Федерации, такие требования к коровам раньше вообще не разрабатывались (16). В середине 20-х годов XX века в стране утверждаются стандарты отбора коров по живой массе для внесения их в Государственные племенные книги (6, 11). Затем эти требования в 1934 году были формально перенесены в бонитировочные стандарты и более 60–65 лет оставались без пересмотра (8, 25). Возрастные стандарты весового и линейного роста ремонтных телок разработаны в США в 1934 году и для соответствия требованиям модельных идеальных типов молочных коров периодически пересматривались с интервалом в шесть–восемь лет (7, 31). В отечественном молочном скотоводстве научные разработки в таком направлении проводились лишь в конце 70-х – начале 80-х гг. прошлого века для голштинской, черно-пестрой, симментальской и швицкой пород (25). Саму теоретическую идею разработки и создания идеальных (модельных, эталонных, чистых) типов молочных коров впервые предложил и выдвинул выдающийся заводчик, генетик и селекционер, английский ученый Роберт Беквелл, чьи исследования приходятся на вторую половину XVIII века. Он предложил оригинальную методику в качестве зримого идеала для высокопродуктивных коров (11, 16). От этой

идеи до практической реализации оценки и внедрения идеального типа прошло более 150 лет (3). У Р. Беквелла (1725-1795) в Англии проходил стажировку первый профессор по зоотехнии из России М. Г. Ливанов (1751–1800) (8,11). В небольшом количестве опубликованных научных работ М. Г. Ливанова можно отчетливо проследить его понимание трудов Р. Беквелла. Русский ученый определил требования к высокопродуктивному типу животных для того времени (6, 12). Благодаря методам племенного заводского искусства Р. Беквелла, его учеников и последователей была определена прибыльность различных пород скота с учетом их экстерьера, улучшено в «золотой век» европейского животноводства (1750–1850) животноводство всего мира (15, 21, 30).

В порядке детализации очевидно, что впервые модельный тип молочной коровы голштинской породы был предложен в 1922 году (12), второй – бурой швицкой породы – в 1931 году (14, 17). Из опыта работы породных Ассоциаций в США ясно видно, что разработка идеальных типов коров занимала период в три-четыре года. Эту работу контролировали специальные комитеты, занимающиеся формулированием требований долгосрочных программ по селекции коров по типу и молочной продуктивности. Контроль-ассистенты оценивали и измеряли десятки тысяч лучших коров, проводили их фотографирование и зарисовки, изучали изменчивость продуктивных и экстерьерных признаков. В завершении таких исследований изготавливался эталон-муляж модельной коровы в натуральную величину, в 1/2, 1/4 и 1/16 величины. Далее проект идеального модельного типа молочной коровы утверждался на ежегодном собрании Ассоциации породы и выносился на апробацию (15, 26). Данная технология разработки идеальных модельных типов молочных коров разных пород считается очень дорогостоящим мероприятием. Показательным примером разработки и утверждения идеального модельного типа коровы может служить голштино-фризская Ассоциация США. В 1974 году разработанный проект «ГОЛШТИ» модельной идеальной коровы скульптором-анималистом Джеймсом Иутисом был вынесен на апробацию, но утвержден только в 1978 году (12, 27) для коровы-первотелки. Оригинальный вариант модельной коровы полновозрастной был утвержден спустя три года. Примерно по такой же схеме (во времени) разрабатывался тип коров молочной бурой швицкой породы. С учетом идеального типа подготавливаются долгосрочные целевые программы селекционно-племенной работы. Следует отметить, что разрабатываемые идеальные типы коров не являются «жесткими» конструкциями. Они динамичны и имеют определенные допуски ($\pm$) в значении отдельных абсолютных показателей. Так, например, по высоте в холке коров допуск составляет ± 1 дюйм (2,54 см), но не более 2 дюймов; по живой массе – до ± 5 –8 кг (8, 16, 28). На рисунке представлена взрослая модельная корова голштинской породы (США, 2016).

Инновационно-индустриальные технологии производства молока вызывают необходимость в проведении детальной оценки коров по желательному типу. Доказано, что коровы отличного типа телосложения обладают высокой молочной продуктивностью и более высокой продолжительностью продуктивной жизни (2, 4, 10). В ряде зарубежных стран учеными предложены понятия: «типичность» и «долговечность». Их можно приравнять друг к другу, так как было выяснено, что коровы с длительным периодом продуктивной жизни отличаются и высокой пожизненной продуктивностью, имеют много общих качеств и свойств. Определено при этом, что такие коровы отличаются хорошим здоровьем, крепкими конечностями, отличной плодовитостью, хорошей формой вымени, плотным его прикреплением, редко

заболевают маститами, парезом и кетозами после отела (21, 32).

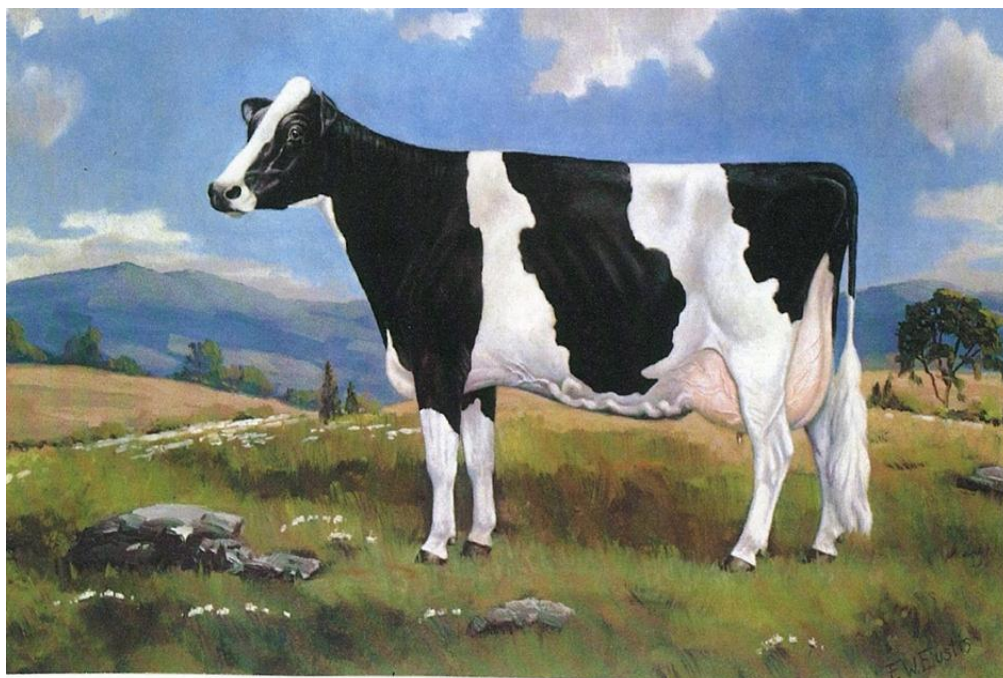


Рисунок – Взрослая молочная модельная корова
голландской породы идеального типа (США, 2016)

Figure 1 – Adult dairy model cow of the Holstein breed of an ideal type (USA, 2016)

Ученый и скотовод-практик в селекционном процессе всегда стараются отбирать лучших, более продуктивных животных, превосходных по экстерьеру, красивых. Тому подтверждение – выставки, выводки животных, которых придумал человек. Это своеобразные конкурсы красоты. У каждого человека, особенно специалиста по зоотехнии, вполне предметный, определенный и конкретный подход к подобным мероприятиям, заключающийся, в первую очередь, в пользу животного. Выставки «красоты животных» человек проводит с давних времен (11, 24). Селекционер в течение своей профессиональной деятельности создает модельное идеальное животное, пользуясь при этом тремя постулатами. Во-первых, он создает формы животного, имеющие пользу для людей. Во-вторых, он заботится о том, чтобы созданное животное было бы целесообразным для определенной среды и условий обитания. В-третьих, человек творит по законам красоты. Отлично сложенные животные, представленные на выставке, вызывают у посетителей те же эстетические чувства, испытываемые, например, при лицезрении картин, скульптур и т. д. (10, 27, 30).

В определение красоты модельной коровы селекционер обязательно учитывает ее породность. Красивое животное включает в себя все достоинства типа породы. В каждой породе скота имеются свои стандарты красоты. Модельные коровы присутствуют в каждой породе: они отличаются крепкой конституцией, высокой продуктивностью, хорошим жизненным тонусом. У модельной коровы пропорциональные тело и фигура, движение, темперамент и характер вполне соответствуют требованиям нашего вкуса. Следует отметить, что стандарт красоты молочной модельной коровы не может быть постоянным. Он изменяется в динамике времени, различных условий. Коровы-рекордистки считаются вершиной селекции и

технологии, служат ориентиром, указателем для зоотехников-селекционеров. Пропорциональность и гармоничность сложения высокопродуктивного животного оценивают комплексно (12, 26). В зарубежных странах на протяжении многих десятилетий осуществляют селекцию молочных коров на модельный идеальный тип. Желательный тип молочных коров обусловлен требованиями интенсивной индустриальной технологии производства молока (13).

Экстерьер коров модельного типа определяют по большому перечню промеров тела и индексов телосложения (12, 17). Например, показатели промеров тела модельных коров сравнивают со средними показателями коров стада в разрезе лактаций (1, 2, 3-я и старше) (30, 32). В процессе длительной селекции коров на модельный идеальный тип установлены различия в типе голштинской породы в США, Канаде, Европе. В США, например, эта порода отселекционирована на максимальную молочную продуктивность (рекордную), в то время как в Европе данный скот на высоком уровне соединяет удой, жирность молока и хорошие мясные качества (8, 11, 20). В понятие «модельная корова» ученые обязательно включают такие важные показатели, как «сложение» и «размер тела». Например, в целом ряде зарубежных стран с удоем 8–000–9 000 кг молока и более за лактацию полновозрастная голштинская корова должна иметь высоту в холке от 140 см и более при достижении живой массы в среднем 750 кг (12, 21, 30). Такие крупные животные являются физиологически подготовленными к обеспечению всех жизненно важных функций своего организма. Они обладают крепостью и силой и, как правило, высокой молочной продуктивностью (7, 12).

С целью выделения в племенных стадах модельных коров идеального типа применяют большой перечень различных методик. Объем тела определяют, например, по Ф. Гуту (27). Кроме того, рассчитывают «индекс специализации» пород. При углубленных исследованиях используют математическое описание роста телок и коров по нелинейному уравнению («фростовой модели»), предложенному С. Броди (21). Такая модель в максимальной степени очень точно отображает и описывает количественные взаимосвязи живой массы взрослых коров и «возраст-размеры тела». Основой методов линейной оценки коров молочных пород служит модель животного, отвечающая в значительной степени по своему телосложению модельному типу (6, 12, 24). Методической основой линейной оценки молочной коровы является определение степени выраженности каждого в отдельности взятого признака экстерьера в сравнении с его идеальным (желательным) развитием.

Требования к идеальным типам молочных коров бурой швицкой породы 1931 и 1974 годах претерпели существенные изменения (8, 12). Так, например, если по требованиям 1931 года живая масса должна была насчитывать 630 кг, то в 1974 году – 700 кг. По высоте в холке лимиты значений показателя составили соответственно 130–136 см и 140–145 см (24, 27).

В мировом молочном скотоводстве появилась необходимость в получении (создании) более крупной коровы, способной поедать сухого вещества корма в среднем за лактацию 3,3–3,4 % к ее живой массе. Такое условие позволяет в максимальной степени балансировать рационы кормления коров по принципу возмещения основных трат до 40–45–50 кг молока в сутки (16). Ряд ученых отмечает, что за счет резервов тела коровы (до 10 % живой массы) существует вероятность получения при раздое дополнительно до 490 кг молока. Модельные молочные коровы, обеспеченные оптимальными рационами кормления, безболезненно восстанавливают свою живую массу во второй половине стельности. В практике ведения молочного скотоводства это

качество носит название «молочный темперамент».

При выделении и оценке модельных коров идеального типа осуществляют математическое описание весового и линейного роста лучших телок и коров в возрасте от 1 до 80 месяцев жизни. Научные данные в этом плане свидетельствуют о том, что для достижения живой массы коровы в 565 кг в 80-месячном возрасте целесообразно в разные периоды жизни (месяцы) получить суточные приросты (8, 16):

- 1-й месяц – 0,5-0,6 кг;
- 2-3-й месяц – 0,75 кг;
- 4-6-й месяц – 0,70 кг;
- 7-9-й месяц – 0,6 кг;
- 11-12-й месяц – 0,60–0,68 кг;
- 13-18-й месяц – 0,5 кг;
- 19-24-й месяц – 0,3 кг.

В среднем в течение первого года жизни были получены среднесуточные приросты телок на уровне 0,6 кг, в течение второго года жизни – 0,4 кг. Расчетным путем установлено, что для достижения живой массы коров 600 кг в зрелом возрасте целесообразно увеличить суточные приросты телок в течение второго года жизни в среднем на 0,1 кг (18, 24). Следует отметить, что объем туловища животных от одного до двенадцати месяцев увеличивается в шесть раз: от 0,040 м³ до 0,235 м³. От одного года до трех лет объем туловища увеличивается в 2 раза. В следующие более поздние возрастные периоды объем туловища возрастает на 5–7 %. Полученные расчетные показатели по характеристике роста ремонтных телок швицкой породы позволяют реконструировать системы их направленного выращивания (9, 20, 27). С целью получения более крупных коров целесообразно в возрасте первого осеменения увеличить живую массу телок: для получения живой массы полновозрастными коровами 650 кг – до 405 кг; 700 кг – до 436 кг (6, 28).

В последние 20–25 лет в селекции молочного скота используют математические ростовые модели коров. Это мероприятие дает возможность оценить интенсивность роста телок в отдельные периоды онтогенеза (5, 11, 30). Привлечение математических методов в селекции как инструмента количественного описания проявления продуктивных признаков свидетельствует о том, что зоотехническая наука вступила в зрелую фазу своего развития. В основе ростовых моделей лежат алгебра, дифференциальное и интегральное исчисление, обычные нелинейные уравнения. Под ростовой моделью понимается набор формальных соотношений, отображающих поведение системы (организма) во времени. Их относят к классу динамических (детерминистических), как раз и формирующих прогноз живой массы или промеры тела в виде числа, а не распределение вероятностей (13, 16).

В историко-эволюционной зоотехнии в свое время были предложены две ростовые модели для описания взаимосвязи «возраст-размеры тела»: первая модель – Самуилом Броди в 1927 году, вторая – в 1928 году профессором Н. В. Найденовым. Оба ученых – выходцы из Беларуси. С. Броди в начале XX века эмигрировал в США. Следует отметить, что до наших дней больше подобных моделей не появилось (17, 22). Разработка и внедрение двух ростовых моделей в практику молочного скотоводства оказалась очень трудной. В отечественной зоотехнии, по сути, ранее эти модели не использовались. В странах Западной Европы и США ростовая модель С. Броди довольно широко используется. Обе модели (методики) объединяет единый подход – первое начало термодинамики.

Сообщается, что кривая роста млекопитающих имеет пространственную сигмоидную конфигурацию. Ее условно делят на три части:

1. молодость (фаза прогрессивного роста) – возраст окончания роста у молочно-мясных пород скота 80 месяцев.
2. фаза стабильного роста (зрелости) – возраст 6,5–10 лет.
3. фаза «старость» (период регрессивного роста) – после 10 лет (12, 18).

Оба метода в производственных условиях характеризуются высокой разрешающей способностью, базируются на фундаментальной теоретической основе и доступном математическом аппарате (14, 18).

В практике селекционно-племенной работы с бурой швицкой породой американской селекции идеальный тип модельной коровы был внедрен в 1931 году, а новый идеальный тип – в 1974 году. В соответствии с требованиями первого идеального типа полновозрастная корова (80 месяцев и старше) должна обладать живой массой 630–650 кг, высотой в холке – 135–136 см, косой длиной туловища – 160 см. Модернизация идеального типа коровы обуславливалась возросшими задачами селекционно-племенной работы. В новом идеальном типе предусматривалось достижение живой массы полновозрастными коровами до 700–750 кг, высоты в холке – до 140–145 см, косой длины туловища – до 170 см (9, 17, 30). Для достижения рекомендуемых показателей необходимо получить среднесуточные приросты живой массы у телок: 0,7–0,75 кг – до 6 месяцев, 0,6–0,65 кг – в 7–12 месяцев, 0,45–0,5 кг – в 13–18 месяцев, 0,3–0,4 кг – в 19–24 месяца (11).

В производственных условиях хорошая здоровая молочная корова молочного модельного идеального типа должна характеризоваться определенными качествами (9, 11, 24, 30). Такая корова чуткая и активная: она делает то, что хочет и осознает свое окружение. Ее глаза и уши выражают внимание, она проявляет любопытство по поводу шума и других раздражителей. У животного блестящая, чистая, гладкая шерсть без каких-либо дефектов. Коровы, чувствующие недомогание, быстро теряют блеск своего шерстного покрова, который может приобретать взъерошенный вид. Животное отличается хорошим аппетитом и пьет много воды. Потребление корма очевидно по наполнению рубца и брюшной полости. Если в течение длительного периода времени потребление корма низкое, то такая корова потеряет большую часть своей живой массы. Когда корова не пьет в достаточной степени или чрезмерно теряет жидкость, то ее глаза западают, а кожа становится натянутой. Животное ходит или стоит без каких-либо причин боли или дискомфорта. Она выгибает спину, если чувствует боль и хромоту. Раздражение в тазовой области заставляет ее держать хвост приподнятым. Если корове трудно ходить, то она сначала делает движения, указывающие на ее намерения, за которыми следуют очевидные движения головой, когда животное начинает ходьбу. О корове постоянно заботятся, так как должна содержаться в хороших условиях. Переросшие копыта, чесотка, вши являются индикаторами плохого ухода. Неподстриженные вымя и задняя часть корпуса, а также навоз, засохший на коже коровы, – все это свидетельствует о недостаточном, а порой и неудовлетворительном уходе. Очень худые животные с запавшими глазами, опущенными ушами обладают ненаполненной брюшной полостью, грязным шерстным покровом. Такие коровы болеют в течение длительного времени.

Закключение. Селекция молочных коров на модельный идеальный тип позволяет существенным образом повысить культуру ведения специализированного молочного

скотоводства, значительно повысить их продуктивность, длительность периода производственного использования и экономическую эффективность отрасли в целом.

Себестоимость разработки (в расчете на одну условную модельную корову идеального типа) составляет 1 848 рублей, рыночная цена разработки – 3 250 рублей. Рыночные преимущества разработки, по сравнению с имеющимися аналогами за границей (США, Канада), в 2,0–2,8 раза дешевле при одинаковом породно-продуктивном эффекте (9 000 кг молока за лактацию и выше). В племенных хозяйствах России разработка по получению, выращиванию, оценке и использованию молочных модельных коров идеального типа применяется достаточно широко. Так, например, в племенных хозяйствах Брянской и Владимирской областей по коровам модельного типа голштинской, черно-пестрой, симментальской, бурой швицкой, костромской пород установлена повышенная, на 2 813–3 425 кг, молочная продуктивность молока, чем в среднем по анализируемым стадам (11,1 3, 15), что в денежном выражении в расчете на одно животное составляет 35 443,80–43 153 рублей.

Список источников

1. Сельцов В.И., Молчанова Н.Н. Влияние методов разведения на продуктивное долголетие и пожизненную продуктивность коров // Зоотехния. 2013. С. 2–4.
2. Brown Swiss breeders have upbeat meeting // Hoards Dairyman. 1989. V.134. № 14. P.611.
3. Харинг Ф., Миссершмидт Х. Породы крупного рогатого скота в США, Канаде и Южной Америке: Руководство по разведению животных. Т. 3. Кн. 1. М.: Колос, 1965. С. 419–431.
4. Лебедько Е.Я. Модельные коровы идеального типа: Практическое руководство. 3-е издание, стереотипное. СПб.: Издательство «Лань», 2016. 14 с. ISBN 978-5-8114-2322-4.
5. Gruter O. Results of Milk recording in 1987/1988 // Animal Breeding Abstracts.-1989. V.57. № 5.-P.393.
6. Mansfield R.H. Progress of the Breed. The History of U.S. Holsteins, HFW Inc. 1985. 362p.
7. Васильева О.К., Сафронов С.Л. Модельный тип молочной коровы при разных технологиях производства молока // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2018. № 52. С. 89–96.
8. Лебедько Е.Я. Модельные молочные коровы как пример зоотехнического дизайна // Достижения науки и техники АПК. 2000. № 2. С. 22–24.
9. Hartman D.A. From Weaning to 6 months is time of adjustment // Hoards Dairyman. 1988. V.133. №5. P. 260-261.
10. Башенко М.И., Хмельничий Л.М. Модельный тип молочной коровы // Зоотехния. 2005. № 3. С. 6–8.
11. Povell R.L. Friend of age first calving// Journal of Dairy Science. 1985. V.68. №3. P.768-772.
12. Лебедько Е.Я., Пилипенко Р.В. Инновационная концептуальная модель высокопродуктивной молочной коровы идеального типа // Аграрная наука. 2019. № 11-12. С. 38–42. DOI: doi. org/10.32634/0869-8155-2019-333-10-38-42.
13. Lebedko E.Ya. Breeding dairy cows on the perfect model type // BioScience.-Issue 12 (2), (Desember), Volume 67.- Oxford University Press, 2017. P. 1473-1481.
14. Huth F.W. Nutzungsrichtung und Gewicht in Abhängigkeit von den Hohen und Breitenmaßen beim Rind // Der Tierzüchter. 1978. Bd.30. №5. S.197-200.
15. Schafer B. Drei Populationen – ein Zuchtziel // Der Tierzüchter. 1989. Bd.41. №6. S.241-243.
16. Fremberger L.W. Dairy cattle judging techniques.-New Jersey: Prentice Hall Inc. 1977. 338p.
17. Лебедько Е.Я. Инновационно-инвестиционное молочное и мясное скотоводство в современном глобальном мире: Монография. – М.: Издательство «Русайнс», 2023. 486 с.

ISBN 978-5-4660-0858-6.

18. Хмельничий Л.М., Вечерка В.В. Влияние линейных признаков типа, характеризующих состояние конечностей, на длительность использования коров украинской черно-пестрой породы // Генетика и разведение животных. 2015. № 2. С. 36–39.
19. Максименко В.Ф., Косяченко М.В., Абрамова М.В. Комплексная оценка и отбор модельных животных в племенных стадах ярославской породы: Рекомендации. –Ярославль: Ярославский ГТУ, 2003. 65 с.
20. Сафронов С.Л., Смирнова М.Ф. Формирование модельного типа молочного скота // Вестник Иркутской государственной сельскохозяйственной академии. 2017. № 78. С. 113–120.
21. Brody S. // Bioenergetics and Growth.-NY, 1945. 1023 p.
22. Лебедько Е.Я. Видовое и породное биоразнообразие крупного рогатого скота: Монография. // М.: Издательство «Инфра-М», 2023. 367 с. ISBN 978-5-1601-8238-4.
23. Лебедько Е.Я., Пилипенко Р.В. Генетический потенциал рекордной молочной продуктивности коров голштинской породы // Эффективное животноводство. 2020. № 6. С. 46–49.
24. Эффективность отбора коров по типу телосложения / Н.И. Абрамова, О.Н. Бургомистрова, О.Л. Хромова, Г.С. Власова, Л.Н. Богорова // АгроЗооТехника. 2018. Т. 1. № 3. С. 1–13. DOI: 0.15838alt.2018.1.3.2.
25. Сафронов С.Л., Васильева О.К. Формирование продуктивного модельного типа коровы при разных технологиях производства молока // Материалы Всероссийской (Национальной) научной конференции ППС, научных сотрудников и аспирантов СПбГУВМ. – СПб: СПбГУВМ, 2019. С. 58–60.
26. Голштинская порода в создании улучшенных генотипов крупного рогатого скота: Монография / Н.М. Косяченко, М.В. Абрамова, А.В. Ильина, С.В. Зырянова, А.В. Коновалов, Т.Н. Кооурова. – Ярославль: Издательство «Канцлер», 2020. 157 с. ISBN 978-5-9074-1706-9.
27. Гут Ф. О росте крупного рогатого скота // Сельское хозяйство. 1969. № 5. С. 19–24.
28. Биологические ресурсы и ограничения в совершенствовании молочного скота (к построению модели высокопродуктивной молочной коровы) / Г.Г. Черепанов, И.К. Медведев, З.Н. Макар, Б.Д. Кальницкий // Сельскохозяйственная биология. 2001. № 4 (июль – август). С. 3–22.
29. Sonn H. Braunvieh in aller Welt // Der Tierzuchter. 1989. Bd.41. №6. S.235-237.
30. Schoberlein A., Hadorn R., Schneeberger M. Development of Swiss Brown cattle: evaluation of data breeding families and premier shows // Animal Breeding Abstracts. 1989. V.57. P.389.
31. Башенко М.И., Хмельничий Л.М. Определение модельного типа молочной коровы // Главный зоотехник. 2008. № 3. С. 14–16.
32. Ефимова Л.В., Зазнобина Т.В. Влияние генетических и технологических факторов на продуктивные качества коров // Вестник АПК Ставрополя. 2017. № 4 (28). С. 58–63.
33. Методологические подходы к формированию племенного ядра стада / В.М.Гукеев., М.С. Габаев., М.А. Губжоков., Ж.Ш. Жашуев // Зоотехния. 2019. № 10. С. 2–6. DOI: 10.25708 // ZT/2019.72.11.001.
34. Лебедько Е.Я. Получение и рациональное использование голштинских коров с рекордной молочной продуктивностью в племенных хозяйствах Брянской области // Вестник аграрной науки. 2024. № 1 (106). С. 33–37. DOI: 10.17238/issn2587-666X/2024/1/33.

References

1. Seltsov V.I., Molchanova N.N. Influence of breeding methods on productive longevity and life-long productivity of cows. 2013. P. 2 – 4.
2. Brown Swiss breeders have upbeat meeting // *Hoards Dairyman*. 1989. V.134. № 14. P.611.
3. Haring F., Misserschmidt H. Cattle breeds in the USA, Canada and South America: Guide to animal breeding. Vol.3. Book 1. M.: Kolos, 1965. P. 419-431.
4. Lebedko E.Ya. Model cows of the ideal type: Practical guide. 3rd edition, stereotypical. St. Petersburg: Publishing House “Lan”, 2016. 14 p. ISBN 978-5-8114-2322-4.
5. Gruter O. Results of Milk recordin in 1987/1988 // *Animal Breeding Abstracts*.-1989. V.57. № 5.-P.393.
6. Mansfield R.H. Progress of the Breed. The History of U.S. Holsteins, HFW Inc. 1985. 362p.
7. Vasileva O.K., Safronov S.L. Model type of dairy cow with different milk production technologies // *Izvestiya St. Petersburg State Agrarian University*. 2018. No.52. P.89-96.
8. Lebedko E.Ya. Model dairy cows as an example of zootechnical design // *Achievements of Science and Technology of AIC*. 2000. No.2. P.22-24.
9. Hartman D.A. From Weaning to 6 monts is time of adjustment // *Hoards Dairyman*. 1988. V.133. №5. P. 260-261.
10. Bashchenko M.I., Khmelnichii L.M. Model type of dairy cow // *Zootechniya*. 2005. No.3. P.6-8.
11. Povell R.L. Frend of age first calving// *Journal of Dairy Science*. 1985. V.68. №3. P.768-772.
12. Lebedko E.Ya., Pilipenko R.V. Innovative conceptual model of a highly productive dairy cow of ideal type // *Agrarian science*. 2019. No.11-12. P.38-42. DOI: doi. org/10.32634/0869-8155-2019-333-10-38-42.
13. Lebedko E.Ya. Breeding dairy cows on the perfect model type // *BioScience*.-Issue 12 (2), (Desember), Volume 67. – Oxford University Press, 2017. P. 1473-1481.
14. Huth F.W. Nutzungsrichtung und Gewicht in Abhangigkeit von den Hohen und Breitenmaben beim Rind // *Der Tierzuchter*. 1978. Bd.30. №5. S.197-200.
15. Schafer B. Drei Populationen – ein Zuchziel // *Der Tierzuchter*. 1989. Bd.41. №6. S. 241-243.
16. Fremberger L.W. Dairy cattle judging technigues.-New Jersey: Prentice Hall Inc. 1977. 338p.
17. Lebedko E.Ya. Innovative and investment dairy and beef cattle breeding in the modern global world: Monograph. – M.: Publishing House “Rusains”, 2023. 486 p. ISBN 978-5-4660-0858-6.
18. Khmelnichii L.M., Vecherka V.V. Influence of linear traits of the type, which characterize the condition of limbs on the duration of use of cows of the Ukrainian black-and-white breeds // *Genetics and breeding of animals*. 2015. No.2. P. 36-39.
19. Maksimenko V.F., Kosiachenko M.V., Abramova M.V. Comprehensive assessment and selection of model animals in breeding herds of the Yaroslavl breed: Recommendations. – Yaroslavl: Yaroslavl State Technical University, 2003. 65 p.
20. Safronov S.L., Smirnova M.F. Formation of a model type of dairy cattle // *Vestnik of Irkutsk State Agricultural Academy*. 2017. No.78. P. 113-120.
21. Brody S. // *Bioenergetics and Growth*.-NY, 1945. 1023 p.
22. Lebedko E.Ya. Species and breed biodiversity of cattle: Monograph. // M.: Publishing House “Infra-M”, 2023. 367 p. ISBN 978-5-1601-8238-4.
23. Lebedko E.Ya., Pilipenko R.V. Genetic potential of record milk productivity of Holstein cows // *Efficient animal husbandry*. 2020. No.6. P. 46 – 49.
24. Efficiency of cows selection by body type / N.I. Abramova, O.N. Burgomistrova, O.L. Khromova, G.S. Vlasova, L.N. Bogoradova // *Agrozootechnika* . 2018. Vol.1. No.3. P. 1 – 13. DOI: 0.15838alt.2018.1.3.2.
25. Safronov S.L., Vasileva O.K. Formation of a productive model type of cow with different

- milk production technologies // Materials of the All-Russian (National) Scientific Conference of faculty, researchers and postgraduates of St. Petersburg State University of Veterinary Medicine. – St. Petersburg : St. Petersburg State University of Veterinary Medicine, 2019. P. 58 – 60.
26. Holstein breed in the creation of improved genotypes of cattle: Monograph / N.M. Kosiachenko, M.V. Abramova, A.V. Ilina, S.V. Zyrianova, A.V. Konovalov, T.N. Koourova. – Yaroslavl: Publishing house “Kantsler”, 2020. 157 p. ISBN 978-5-9074-1706-9.
27. Gut F. About the growth of cattle // Agricultural industry. 1969. No.5. P.19 – 24.
28. Biological resources and limitations in improving dairy cattle (towards building a model of a highly productive dairy cow) / G.G. Cherepanov, I.K. Medvedev, Z.N. Makar, B.D. Kalnitskii // Agricultural biology. 2001. No.4 (July-August). P.3 – 22.
29. Sonn H. Braunvieh in aller Welt // Der Tierzuchter. 1989. Bd.41. №6. S.235-237.
30. Schoberlein A., Hadorn R., Schneeberger M. Development of Swiss Brown cattle: evaluation of data breeding families and premier shows // Animal Breeding Abstracts. 1989. V.57. P.389.
31. Bashchenko M.I., Khmelnichii L.M. Definition of the model type of a dairy cow // Head of Animal Breeding. 2008. No.3. P. 14-16.
32. Efimova L.V., Zaznobina T.V. Influence of genetic and technological factors on the productive qualities of cows // Bulletin Agricultural Bulletin of Stavropol Region. 2017. No.4 (28). P. 58 – 63.
33. Methodological approaches to the formation of the nuclear stock of the herd/ V.M. Gukezhev., M.S. Gabaev., M.A. Gubzhokov., Zh.Sh. Zhashuev // Zootechniya. 2019. No.10. P. 2 – 6.DOI: 10.25708 // ZT/2019.72.11.001.
34. Lebedko E.Ya. Obtaining and rational use of Holstein cows with record milk productivity in breeding farms of the Bryansk region // Bulletin of Agrarian Science. 2024. No. 1 (106). P. 33 – 37. DOI: 10.17238/issn2587-666X/2024/1/33/

Сведения об авторах

Лебедько Егор Яковлевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры кормления животных, частной зоотехнии и переработки продуктов животноводства ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, телефон: 8 915 534-19-63, e-mail: vasilev.1958@mail.ru, ORCID 0000-0002-5815-7532

Information about the authors

E. Ya. Lebedko, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Animal Feeding, Zootechnics and Processing of Livestock Products, FSBEI HE Bryansk State Agrarian University, tel: 89155341963, e-mail: vasilev.1958@mail.ru ORCID 0000-0002-5815-7532

Статья поступила в редакцию 11.10.2024; одобрена после рецензирования 17.10.2024; принята к публикации 17.12.2024.

The article was submitted 11.10.2024; approved after reviewing 17.10.2024; accepted for publication 17.12.2024.

Лебедько Е.Я.

Сельскохозяйственный журнал. 2024. № 4 (17). С. 111-118
Agricultural journal. 2024; 17 (4). P. 111-118

Зоотехния и ветеринария

Научная статья

УДК: 636.22/.28.034

DOI: 10.48612/FARC/2687-1254/011.4.17.2024

ВЛИЯНИЕ КАРБАМИДА В ОБОЛОЧКЕ НА МОЛОЧНУЮ ПРОДУКТИВНОСТЬ И КАЧЕСТВО МОЛОКА КОРОВ

Александр Павлович Марынич, Владимир Владимирович Семёнов,

Новруз Муса оглы Джафаров, Екатерина Дмитриевна Карпова

ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр», Россия, 355004,
Ставропольский край, Шпаковский район, г. Михайловск, ул. Никонова, д. 49;
e-mail: info@fnac.center

Аннотация. «Защищенный» карбамид может выступать в качестве альтернативы: высокопротеиновым зерновым кормам (соя, люпин, горох и др.) и продуктам масложивотной промышленности (жмых, шрот) по сырому протеину. Используя физиологические особенности жвачных животных, применение азотсодержащих веществ имеет практическое значение. Исследования по оценке влияния карбамида в оболочке на продуктивность коров-первотелок проводились в СПК колхоз-племзаводе «Казьминский» Кочубеевского муниципального округа Ставропольского края. В статье приведен материал научных исследований, ориентированный на оценку влияния карбамида в оболочке на молочную продуктивность коров-первотелок и качество продукции. Включение в рационы коров первотелок карбамида в оболочке в количестве 25 % от количества переваримого протеина способствовало увеличению удоя на 5,3 %, молочного жира – на 6,9 %, белка – на 6,4 % и их суммы – на 6,6 %, улучшало показатели качества молока по белку, жиру, сухому веществу и калорийности соответственно на 0,03; 0,05; 0,11 % и 14,1 ккал/кг, приводило к увеличению: прибыли на 1 руб. затрат на кормовую добавку – 2,55 руб. и уровня рентабельности производства молока – на 5,56 абс. %.

Ключевые слова: карбамид в оболочке, коровы-первотелки, продуктивность, качество молока, эффективность производства молока.

Для цитирования: Марынич А.П., Семенов В.В., Джафаров Н. М. о., Карпова Е.Д. Влияние карбамида в оболочке на молочную продуктивность и качество молока коров // Сельскохозяйственный журнал. 2024. № 4 (17). С. 111-118.
DOI 10.48612/FARC/2687-1254/011.4.17.2024

Zootechny and veterinary science

Original article

EFFECT OF COATED UREA ON MILK PRODUCTIVITY AND MILK QUALITY OF COWS**Aleksandr P. Marynich, Vladimir V. Semenov, Novruz M. o. Dzhaferov, Ekaterina D. Karpova**

Federal State Budgetary Scientific Institution “North Caucasus Federal Agricultural Research Centre”, 356241, Russia, Stavropol Territory, Shpakovsky District, Mikhailovsk, st. Nikonova, 49; e-mail: info@fnac.center

Abstract. “Protected” urea can act as an alternative to: high-protein grain feeds (soybean, lupine, peas, etc.) and products of the oil-extracting industry (mill cake, oilseed meal) in terms of crude protein. Using the physiological characteristics of ruminants, the use of nitrogen-containing substances has practical significance. The studies to evaluate the effect of coated urea on the productivity of first-calf heifers were conducted in the APC collective breeding farm “Kazminsky” of the Kochubeevsky municipal district of the Stavropol Territory. The article presents the material of scientific researches, which are focused on evaluating the effect of coated urea on the milk productivity of first-calf heifers and the quality of products. The inclusion of coated urea in the diets of first-calf heifers in the amount of 25% of the digestible protein contributed to an increase in milk yield by 5,3%, milk fat by 6,9%, protein by 6,4% and their sum by 6.6%, improved milk quality parameters for protein, fat, dry matter and energy value by 0,03; 0,05; 0,11% and 14,1 kcal/kg, respectively, and led to an increase in: profit per 1 ruble of costs for feed additive – 2,55 rubles and the level of profitability of milk production – by 5,56 abs. %.

Keywords: coated urea, first-calf heifers, productivity, milk quality, milk production efficiency.

For citation: Marynich A.P., Semenov V.V., Dzhaferov N.M.o., Karpova E.D. Effect of coated urea on milk productivity and milk quality of cows // Agricultural Journal. 2024. No. 17 (4). P. 111-118. DOI: 10.48612/FARC/2687-1254/011.4.17.2024

Для производства качественной молочной продукции в РФ следует переориентировать АПК на внедрение высокотехнологичных ферм, селекционерам вывести линии, типы и породы, отвечающие лучшим отечественным и зарубежным генотипам, с обязательной индивидуальной разработкой программ кормления коров [1, 2]. Увеличение продуктивности молочного скота должно быть сопряжено с адаптационными способностями для конкретной природно-климатической зоны, кормовыми факторами региона, условиями содержания, физиологией животных и т. д., что позволит увеличить объемы производства молока, качество продукции и ее ассортимент [3].

Исследования многих ученых свидетельствуют, что сбалансированный рацион, включающий большинство элементов, позволяет получать максимальное количество и качество продукции от коров [4].

Дефицит питательных элементов и энергии у коров приводит к снижению их удоя и изменению состава молока, что отрицательно влияет на биохимические и технологические свойства [5].

Использование кормовых добавок способствует активизации биохимических и физиологических процессов в организме крупного рогатого скота, что позволяет под-

держивать заводскую упитанность, продуктивное долголетие и стабильно высокую продуктивность [6, 7, 8].

В последнее время ученые и практики используют в качестве кормовой добавки «защищенный» карбамид, производящийся на основе мочевины в липидной оболочке для пролонгирующего высвобождения продукта в рубце [9, 10, 11].

Карбамид в оболочке является безопасным источником небелкового азота, активно взаимодействует с микроорганизмами рубца жвачных для синтеза микробного белка, имеющего высокую биологическую ценность. В 1 кг карбамида содержится 460 г азота, что соответствует 2 875 г сырого протеина. Необходимым условием для данного процесса считается достаточное обеспечение бактерий рубца легкодоступной энергией в виде легко ферментируемых углеводов [12].

Учитывая мнение многих исследователей и собственные наработки, можно констатировать, что увеличение молочной продуктивности коров и повышение качества молока за счет включения в рационы кормления «защищенного» карбамида – перспективная и актуальная тема.

Материал и методы исследований. Изучение влияния кормовой добавки «Nitrocote» в качестве карбамида в липидной оболочке на молочную продуктивность коров и качество молока ($n = 10$) осуществлялось в течение 70 суток, начиная с 11 апреля 2023 г., в СПК колхозе-племзаводе «Казьминский» МО Ставропольского края.

«Nitrocote» представляет собой мочевины, защищенную липидной оболочкой, способствующей равномерному и постепенному её высвобождению в рубце. Кормовая добавка «Nitrocote» (КД «Nitrocote») способна обогащать протеиновую часть рациона жвачных животных небелковым азотом.

Кормление дойных коров в период научно-производственного опыта было индивидуальным, двухразовым и проводилось по распорядку дня, принятому в сельхозпредприятии.

В контрольной группе ($n = 10$) рацион коров-первотелок разрабатывался, исходя из возраста, живой массы и продуктивности. В общей массе он составил 48,8 кг кормовой смеси, состоявшей из силоса кукурузного, сена лугового, сенажа люцернового, патоки свекловичной, дерти кукурузной, ячменной, пшеничной, шрота подсолнечного, премикса минерально-витаминного, соли поваренной, соды, абсорбента, динатрифосфата кормового.

Разработанные рационы для дойных коров в I фазу лактации отвечали потребности животных в питательных веществах. Структура рациона наблюдалась следующая: грубые корма – 3,8 %, сочные – 45,2 %, концентрированные – 51,0 %. При этом сохранялись следующие соотношения: по сахаропротеиновому – 0,65 %; кальцию к фосфору – 1,41 %; сырой клетчатки к сухому веществу – 18,1 %, количеству переваримого протеина на 1 ЭКЕ – 94 г; обменной энергии к сухому веществу – 11,0 МДж.

В рационах дойных коров-первотелок опытной группы комбикорм в количестве 124 г, или 15 % от потребности в переваримом протеине, заменили на КД «Nitrocote».

Исследования по изучению качественного состава молока проводились на базе ВНИИОК – филиала «Северо-Кавказский ФНАЦ» в лаборатории перспективных молочных ресурсов. На анализаторе «ИнфраМилк», согласно протоколу исследования, определялись сухое вещество, сухой обезжиренный молочный остаток (СОМО), жир, белок, лактоза, зола и калорийность продукта. Пробы молока отбирались в соответствии с требованиями государственных стандартов (ГОСТ 26809. 1-2014) [13].

Статистический анализ результатов исследований осуществляли в соответствии с методиками, разработанными Н. А. Плохинским, Е. К. Меркурьевой с применением компьютерных программ BioStat, Excel [14, 15].

Результаты исследований и их обсуждение. Скармливание карбамида в оболочке в рационе молочных коров-первотелок позволило установить его влияние на метаболизм веществ в организме и повышение молочной продуктивности и качества продукции (таблицы 1, 2).

Таблица 1

Продуктивность коров, n = 10

Table 1

Productivity of cows, n = 10

Показатель	Группа		Опытная группа в % к контрольной группе
	I контрольная	II опытная	
Удой на 1 корову за учётный период (70 суток), кг	2043,1±36,78	2152,4±38,74 *	105,3
Среднесуточный удой, кг	29,18±0,52	30,75±0,55*	105,3
Молочный жир, кг	69,06±1,243	73,83±1,328*	106,9
Молочный белок, кг	62,72±1,129	66,72±1,201*	106,4
Жир + белок, кг	131,78±23,82	140,55±25,30 *	106,6
Молоко базисной жирности, кг	2031,1±36,56	2171,4±39,08 *	106,9
* $P \leq 0,05$			

За время проведения эксперимента (70 суток) выявлено, что коровы II опытной группы, получавшие кормовую добавку «Nitrocote», по молочной продуктивности превышали сверстниц контрольной группы на 109,3 кг ($P \leq 0,05$), или на 5,3 %. Содержание молочного жира, белка и их суммы за период опыта у коров II группы превысило показатели жвачных животных контрольной группы на 4,77 ($P \leq 0,05$); 4,0 ($P \leq 0,05$) и 8,77 кг ($P \leq 0,05$), или 6,9; 6,4 и 6,6 %.

В молоке коров опытной группы, по сравнению с аналогами контрольной группы, отмечалось более высокое содержание сухого вещества – превышение составило 0,11 абс. % ($P \leq 0,05$).

Таблица 2

Показатели качества молока коров-первотёлок, n = 10

Table 2

Milk quality characteristics of first-calf heifers, n = 10

Показатель	Группа		II опытная группа ± к контрольной груп- пе
	I контрольная	II опытная	
Сухое вещество, %	11,98±0,22	12,09±0,19*	+0,11
СОМО, %	8,60±0,15	8,66±0,17*	+0,06
Жир, %	3,38±0,06	3,43±0,07*	+0,05
Белок, %	3,07±0,05	3,10±0,06	+0,03
Лактоза, %	4,76±0,09	4,77±0,08	+0,01
Зола, %	0,77±0,02	0,79±0,02	+0,02
Калорийность 1 кг, ккал	632,8±11,39	639,1±11,48	+14,1
Плотность, А	29,01±0,51	29,22±0,51	+0,21

У коров опытной группы, в сравнении с контрольным вариантом, отмечено увеличение: содержания жира и белка в молоке – на 0,05 и 0,03 абс. % ($P \leq 0,05$), калорийности – на 14,1 ккал/кг. Количество сахара и минеральных веществ в молоке коров подопытных групп не отличалось, а плотность молока находилась в пределах референсных значений.

Экономические показатели производства молока рассчитывались, исходя из хозяйственной структуры затрат и представлены в таблице 3.

Таблица 3

Эффективность скармливания кормовой добавки «Nitrocote»
в рационах коров-первотелок (в ценах 2023 г.)

Table 3

Efficiency of the feed additive “Nitrocote” in the diets of first-calf heifers
(prices for 2023)

Показатель	Группа		Опытная группа в % к контрольной группе
	I контрольная	II опытная	
Удой на 1 корову за учетный период, кг	2 043,1	2 152,4*	105,3
Суточный удой, кг	29,18	30,75*	105,3
Содержание жира в молоке, %	3,38±0,12	3,43±0,12*	+0,05
Скормлено кормовой добавки «Nitrocote», кг	0	7,3	
Стоимость 1 кг кормовой добавки «Nitrocote», руб.	0	200,0	
Затраты на кормовую добавку «Nitrocote», руб.	0	1 460,0	
Получено молока базисной жирности (3,4 %), кг	2 031,1	2 171,4	106,9
Дополнительно получено молока базисной жирности, кг	–	140,3	
Себестоимость 1 кг молока, руб.	28,00	27,26	
Цена реализации 1 кг молока, руб.	37,00		
Затраты на производства молока, руб.	5 7206,8	58 674,4	102,6
Выручка от реализации молока, руб.	75 150,7	80 341,8	106,9
Прибыль от реализации молока, руб.	17 943,9	21 667,4	120,7
Уровень рентабельности, %	31,37	36,93	+5,56
Прибыль за дополнительную продукцию, руб.	0	3 723,5	
Прибыль на 1 руб. затрат на кормовую добавку, руб.	0	2,55	
* $P \leq 0,05$			

За период эксперимента коровы-первотелки II опытной группы, по сравнению с животными контрольной группы, превышали производство молока базисной жирности на 140,3 кг, или 6,9 %. При одинаковой цене реализации молока (37,0 руб. за 1 кг) прибыль за дополнительную продукцию в опытной группе составила 3 723,5 руб., а прибыль на 1 руб. затрат на кормовую добавку – 2,55 руб. По уровню рентабельности производства молока увеличение составило 5,56 абс. %.

Заключение. Установлено, что применение «защищенного» карбамида в виде кормовой добавки «Nitrocote» в рационе лактирующих коров влияет на процессы метаболизма веществ в организме животных, ускоряя его, что подтверждается увеличением удоев молока и его качеством. У коров-первотелок опытной группы, которым скармливали кормовую добавку «Nitrocote», выявлено повышение удоя за учетный период на 5,3 %, а также количества молочного жира и белка. Положительные результаты, полу-

ченные в ходе эксперимента по стимулированию формирования микробного белка и повышения продуктивности молочных коров, следует распространить как эффективный опыт в хозяйствах различных форм собственности.

Список источников

1. Быкова О.А. Молочная продуктивность и состав молока коров при скармливании сапропеля и сапроверма / О.А. Быкова // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2015. № 2 (52). С. 140–143.
2. Новые методы повышения качества, экологической безопасности и эффективности производства молока / И.Ф. Горлов, А.И. Сивков, Н.И. Мосолова и др. // Международная научно-практическая конференция, посвященная памяти В.М. Горбатова. 2015. № 1. С. 129–132.
3. Мошкина С. Пути повышения эффективности молочного скотоводства / С. Мошкина, Ю. Феофилова, Н. Абрамова // Главный зоотехник. 2012. № 9. С. 27–29.
4. Цай, В.П. Полноценное кормление – основа продуктивности животных / В. П. Цай, В.Ф. Радчиков, А.Н. Кот // Экологические, генетические, биотехнологические проблемы и их решение при производстве и переработке продукции животноводства: материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. памяти акад. РАН Сизенко Е.И. – Волгоград, 2017. С. 20–24.
5. Трухачев, В. И. Кормление сельскохозяйственных животных на Северном Кавказе: монография / В.И. Трухачев, Н.З. Злыднев, А.И. Подколзин. Изд. 5-е, перераб. и доп. Ставрополь: АГРУС Ставропольского гос. аграрного ун-та, 2016. 332 с.
6. Влияние скармливания молодняку крупного рогатого скота небелковых азотистых веществ на расщепляемость протеина и перевариваемость питательных веществ / Бесараб Г. В., Цай В. П., Кот А. Н., Сапсалаева Т. Л. и др. // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства. 2022. № 15.1 URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-skarmlivaniya-molodnyaku-kрупного-rogatogo-skota-nebelkovyh-azotistyh-veschestv-na-rasscheplyaemost-proteina-i>
7. Никулин В.Н. Закономерности изменения гематологических показателей молодняка крупного рогатого скота под воздействием кормовых добавок и микробных препаратов / В.Н. Никулин, И.А. Бабичева, Р.З. Мустафин // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2015. № 5 (55). С. 146–148.
8. Миронова И.В. Эффективность использования пробиотика «Биодарин» в кормлении телок / И.В. Миронова, Г.М. Долженкова, Н.В. Гизатова, В.И. Косилов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2016. № 3 (59). С. 207–210.
9. Усков Г. Е. Мочевина в кормлении крупного рогатого скота / Г. Е. Усков, А. В. Цопанова // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2015. – № 10. С. 13–20.
10. Давыдова С.Ю. Азотсодержащие кормовые добавки в рационе жвачных // Вестник мясного скотоводства. 2014. № 1. С. 118–121.
11. Особенности рубцового пищеварения нетелей при скармливании рационов в летний и зимний периоды / В.П. Цай, В.Ф. Радчиков, В.К. Гурин и др. // Фундаментальные и прикладные проблемы повышения продуктивности животных и конкурентоспособности продукции животноводства в современных экономических условиях АПК РФ: материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Ульяновск, 2015. Т. 1: Кормопроизводство, кормление сельскохозяйственных животных и технология кормов. С. 300–303.
12. ГОСТ 26809,1-2014 Молоко и молочная продукция. Правила приемки, методы отбора и подготовка проб к анализу. Часть 1. Молоко, молочные, молочные составные и

молокосодержащие продукты. М.: Стандартиформ, 2019. 10 с.

13. Меркурьева Е.К. Биометрия в селекции и генетике сельскохозяйственных животных / Е.К. Меркурьева. - М.: Колос 1970. 424 с.
14. Плохинский Н.А. Руководство по биометрии для зоотехников / Н.А. Плохинский. – М.: Колос. 1969. 256 с.

References

1. Bykova O.A. Milk productivity and milk composition of cows fed saporpel and saproverm / O.A. Bykova // Izvestia Orenburg state agrarian university. 2015. No. 2 (52). P. 140-143.
2. Gorlov I.F. New methods for improving the quality, environmental safety and efficiency of milk production / I.F. Gorlov, A.I. Sivkov, N.I. Mosolova, S.K. Bozhkova, E.Yu. Zlobina // International scientific and practical conference dedicated to the memory of V.M. Gorbatov. 2015. No. 1. P. 129-132.
3. Moshkina S. Ways to improve the efficiency of dairy cattle breeding / S. Moshkina, Yu. Feofilova, N. Abramova // Head of Animal Breeding. 2012. No. 9. P. 27-29.
4. Tsai, V.P. Nutritious feeding is the basis of animal productivity / V. P. Tsai, V. F. Radchikov, A. N. Kot // Ecological, genetic, biotechnological problems and their solution in the production and processing of livestock products: International scientific and practical conference dedicated to the memory of Academician of the Russian Academy of Sciences E.I. Sizenko – Volgograd, 2017. P. 20-24.
5. Trukhachev, V. I. Feeding of farm animals in the North Caucasus: monograph / V. I. Trukhachev, N. Z. Zlydnev, A. I. Podkolzin. Edition 5th, revised and added, Stavropol: AGRUS of the Stavropol State Agrarian University, 2016. 332 p.
6. The effect of feeding young cattle with non-protein nitrogenous substances on protein degradation and nutrient digestibility / Besarab G.V., Tsai V.P., Kot A.N., Sapsaleva T.L., Natyrov A.K., Moroz N.N. // Current problems of intensive development of animal husbandry. 2022. No. 15.1 URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-skarmlivaniya-molodnyaku-krupnogo-rogatogorskota-nebelkovyh-azotistyh-veschestv-na-rasscheplyaemost-proteina-i>
7. Nikulin V.N. Patterns of changes in hematological parameters of young cattle under the influence of feed additives and microbial preparations / V.N. Nikulin, I.A. Babicheva, R.Z. Mustafin // Izvestia Orenburg state agrarian university. 2015. No. 5 (55). P. 146-148.
8. Mironova I.V. Efficiency of using the probiotic “Biodarin” in feeding heifers / I.V. Mironova, G.M. Dolzhenkova, N.V. Gizatova, V.I. Kosilov // Izvestia Orenburg state agrarian university. 2016. No. 3 (59). P. 207-210.
9. Uskov, G.E. Urea in cattle feeding / G.E. Uskov, A.V. Tsopanova // Feeding of Agricultural Animals and Feed Production. 2015. No. 10. P. 13-20.
10. Davydova S.Yu. Nitrogen-containing feed additives in the diet of ruminants // Herald of Beef Cattle Breeding. 2014. No. 1. P. 118-121.
11. Features of rumen digestion of heifers when feeding rations in summer and winter periods / V.P. Tsai, V.F. Radchikov, V.K. Gurin, A.N. Kot, A.M. Glinkova, V.M. Budko // Fundamental and applied problems of increasing animal productivity and competitiveness of livestock products in modern economic conditions of the agro-industrial complex of the Russian Federation: International scientific and practical conference – Ulyanovsk, 2015. V. 1: Feed production, feeding of farm animals and feed technology. P. 300-303.
12. GOST 26809.1-2014 Milk and dairy products. Acceptance rules, sampling methods and sample preparation for analysis. Part 1. Milk, dairy, dairy composite and milk-containing products. Moscow: Standartinform, 2019. 10 p.
13. Merkureva E.K. Biometrics in selective breeding and genetics of farm animals // E.K. Merkureva. – М.: Kolos 1970. 424 p.
14. Plokhinskii N.A. Handbook of biometrics for livestock specialists /N.A. Plokhinskii. – М.: Kolos. 1969. 256 p.

Информация об авторах

Марынич Александр Павлович, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий отделом кормления и кормопроизводства, 356241, г. Михайловск, ул. Никонова, 49, тел.: 8 918 768-42-40, email: marap61@yandex.ru; ORCID 0000-0002-5030-9263

Семенов Владимир Владимирович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник отдела кормления и кормопроизводства, 356241, г. Михайловск, ул. Никонова, 49, тел.: 8 918 747-36-77, email: V.V.S.-26@mail.ru; ORCID 0000-0001-8520-7083

Джафаров Новруз Муса оглы, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела кормления и кормопроизводства, 356241, г. Михайловск, ул. Никонова, 49, тел.: 8 918 750-76-55; e-mail: novruz63@mail.ru; ORCID 0000-0003-2581-7896

Карпова Екатерина Дмитриевна, кандидат биологических наук, 355017, Россия, г. Ставрополь, пер. Зоотехнический, 15, тел.: 8 988 094-31-21, e-mail: Lucziwa@yandex.ru; ORCID 0000-0002-3900-4434

Information about the authors

A.P. Marynich, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Feeding and Forage Production, 356241, Mikhailovsk, st. Nikonova, 49, tel. 8(918) 768-42-40, e-mail: marap61@yandex.ru; ORCID 0000-0002-5030-9263;

V.V. Semenov, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Chief Researcher of the Department of Feeding and Forage Production, 356241, Mikhailovsk, st. Nikonova, 49, tel. 8(918) 747-36-77, e-mail: V.V.S.-26@mail.ru; ORCID 0000-0001-8520-7083;

N.M.o. Dzhaifarov, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher of the Department of Feeding and Forage Production, 356241, Mikhailovsk, st. Nikonova, 49, tel. 8(918) 750-76-55; e-mail: novruz63@mail.ru; ORCID 0000-0003-2581-7896;

E. D. Karpova, Candidate of Biological Sciences, Russia, Stavropol, Zootekhnicheskii lane, 15, 355017, , tel. 8 (988) 094-31-21, e-mail Lucziwa@yandex.ru. ORCID 0000-0002-3900-4434

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 03.10.2024; одобрена после рецензирования 12.10.2024; принята к публикации 17.12.2024.

The article was submitted 03.10.2024; approved after reviewing 12.10.2024; accepted for publication 17.12.2024.

Марынич А.П., Семенов В.В., Джафаров Н. М. о., Карпова Е.Д.

Сельскохозяйственный журнал. 2024. № 4 (17). С. 119-126
Agricultural journal. 2024; 17 (4). P. 119-126

Зоотехния и ветеринария

Научная статья

УДК: 637.5.072

DOI: 10.48612/FARC/2687-1254/012.4.17.2024

МЯСНОСТЬ МОЛОДНЯКА ОВЕЦ ЭДИЛЬБАЕВСКОЙ ПОРОДЫ ПРИ ВВЕДЕНИИ В РАЦИОН ФИТОГЕННОЙ КОРМОВОЙ ДОБАВКИ

**Алексей Вячеславович Молчанов, Антон Николаевич Козин,
Владимир Александрович Першутин, Вячеслав Алексеевич Молчанов**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н. И. Вавилова», Россия, г. Саратов, e-mail: molchanov_av@mail.ru

Аннотация. В нашей стране ведется подробное изучение вопроса обеспечения населения качественной продукцией животного происхождения. Особое место отводится производству мяса и мясного сырья. Мясо является главным источником пищи для нормального существования организма человека из-за большого содержания полноценного белка, столь богатого аминокислотами. Для обеспечения продовольственной безопасности страны проводятся исследования, направленные на разведение новых и усовершенствование уже имеющихся пород в отрасли овцеводства. В связи с этим в КФХ Дагалаев И. М. Саратовской области нами была проведена экспериментальная работа по изучению влияния фитогенной кормовой добавки на убойные показатели молодняка овец эдильбаевской породы. Для этого коллектив авторов сформировал четыре группы баранчиков по 25 голов в каждой по методу пар-аналогов. Группы содержались как на основном рационе, так и кормах, обогащенных фитогенной кормовой добавкой в концентрации 5; 10 и 15 г на голову в сутки. В четыре и семь месяцев были осуществлены контрольные убои с последующей обвалкой туш с целью определения их морфологического и сортового состава. Результаты показали, что по убойному выходу в семь месяцев молодняк III опытной группы превосходил своих сверстников из контрольной, I и II опытных групп на 6,60; 4,85 и 2,19 абс. %. По выходу мякоти баранчики III опытной группы также опережали своих сверстников из других групп в семимесячном возрасте на 2,16; 1,54 и 0,86 абс. % соответственно. По коэффициенту мясности преимущество наблюдалось в III опытной группе, составив 3,79 ед., наименьший коэффициент – 3,33 ед. – в контрольной группе. По выходу отрубов I сорта баранчики III опытной группы превосходили сверстников из контрольной, I и II исследуемых групп в семимесячном возрасте на 2,03; 1,16 и 0,58 абс. %.

Ключевые слова: фитогенная кормовая добавка, эдильбаевская порода, молодняк овец, убойные показатели, морфологический состав туш, сортовой состав туш.

Для цитирования: Молчанов А.В., Козин А.Н., Першутин В.А., Молчанов В.А. Мясность молодняка овец эдильбаевской породы при введении в рацион фитогенной кормовой добавки. // Сельскохозяйственный журнал. 2024. № 4 (17). С. 119-126. DOI: 10.48612/FARC/2687-1254/012.4.17.2024

Zootechny and veterinary science

Original article

MEATINESS OF YOUNG SHEEP OF THE EDILBAEV BREED WHEN A PHYTOGENIC FEED ADDITIVE IS INTRODUCED INTO THE DIET**Aleksei V. Molchanov, Anton N. Kozin, Vladimir A. Pershutin, Viacheslav A. Molchanov**

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov”, Saratov, Russia, e-mail: molchanov_av@mail.ru

Abstract. In our country, the issue of providing the population with high-quality products of animal origin is being studied in detail. A special place is given to the production of meat and meat by-products and waste. Meat is the main source of food for the normal existence of the human body due to the high content of complete protein, which is so rich in amino acids. In order to ensure food security of the country, researches are being conducted to breed new and improve existing breeds in the sheep breeding industry. In this regard, in the peasant farm enterprise Dagalaev I. M. in the Saratov Region, we conducted experimental work to study the effect of a phytogenic feed additive on the slaughter performance of young Edilbaev sheep. For this purpose, the authors of the paper formed four groups of young rams with 25 head in each using the analog method. The groups were kept both on the main diet and on feed, which was enriched with a phytogenic feed additive at a concentration of 5; 10 and 15 g per head per day. At four and seven months, control slaughters were carried out with subsequent boning of carcasses in order to determine their morphological and meat type composition. The results showed that in terms of slaughter yield at seven months, the young animals of the III experimental group exceeded their herdmates from the control, I and II experimental groups by 6,60; 4,85 and 2,19 abs. %. In terms of meat yield, the young rams of the III experimental group were also ahead of their herdmates from other groups at the age of seven months by 2,16; 1,54 and 0,86 abs. %, respectively. In terms of meatiness coefficient, an advantage was observed in the III experimental group, amounting to 3,79 units, the lowest coefficient – 3,33 units – in the control group. In terms of the yield of first quality joints, the young rams of the III experimental group exceeded their herdmates from the control, I and II studied groups at the age of seven months by 2,03; 1,16 and 0,58 abs. %.

Keywords: phytogenic feed additive, Edilbaev breed, young sheep, slaughter parameters, morphological composition of carcasses, meat type composition of carcasses.

For citation: Molchanov A.V., Kozin A.N., Pershutin V.A., Molchanov V.A. Meatiness of young sheep of the Edilbaev breed when a phytogenic feed additive is introduced into the diet. // Agricultural Journal. 2024. No. 17 (4).P. 119-126.

DOI: 10.48612/FARC/2687-1254/012.4.17.2024

Введение. Во всем мире остро стоит вопрос обеспечения населения высококачественными продуктами животного происхождения. Саратовская область принимает непосредственное участие в обеспечении продовольственной безопасности страны, одним из направлений которого является обеспечение населения продуктами питания из мяса и мясного сырья [1–4].

С этой целью проводятся мероприятия, направленные на повышение качества и

количества мясной продукции, столь необходимой для употребления в пищу людьми. Овцеводческая отрасль отвечает данным требованиям. Учеными и практиками проводится определенная работа, направленная на создание и выращивание новых пород мясного, мясо-сального и мясо-шерстного направления продуктивности. К породам, распространенным в нашей стране, можно отнести: куйбышевскую, эдильбаевскую, волгоградскую, гиссарскую, романовскую, цигайскую, грозненскую и т.д [5–9].

Ряд ученых отмечает, что, помимо породы, на мясную продуктивность влияют такие немаловажные показатели, как пол, возраст, сроки ягнения, тонаина шерсти и межпородное скрещивание [10–15].

В связи с этим нами были проведены исследования, связанные с влиянием фитогенной кормовой добавки на убойные показатели молодняка овец эдильбаевской породы.

Цель исследований – изучение влияния фитогенной кормовой добавки на убойные показатели, морфологический и сортовой состав туш молодняка овец эдильбаевской породы.

Материал и методы исследований. Научный эксперимент по влиянию фитогенной кормовой добавки на убойные показатели, морфологический и сортовой состав туш эдильбаевских баранчиков проводился в 2023 году в КФХ Дагалаев И. М. Саратовской области.

С этой целью в сентябре 2023 года были сформированы четыре группы баранчиков-одиночек по методу пар-аналогов, в количестве по 25 голов в каждой. Группы содержались на основном рационе (ОР) с добавлением фитогенной кормовой добавки в концентрации 5; 10 и 15 г на голову в сутки. Контрольная группополучала основной рацион (ОР); I опытная группа – (ОР) + фитогенную кормовую добавку в концентрации 5 г на голову в сутки; II опытная группа – (ОР) + фитогенную кормовую добавку в концентрации 10 г на голову в сутки; III опытная группа – (ОР) + фитогенную кормовую добавку в концентрации 15 г на голову в сутки.

Фитогенная кормовая добавка представляет собой смесь, состоящую из глицерина дистиллированного медицинского, пропиленгликоля пищевого и натурального носителя (хвойная лапка, глюкоза, льняное семя).

В начале эксперимента в четырехмесячном возрасте и после его окончания, в семимесячном возрасте, были осуществлены контрольные убои традиционным способом по методике ВИЖ по три головы из каждой исследуемой группы. После убоя проведена обвалка туш по сортам и отрубам, а также рассчитан коэффициент мясности и площадь мышечного глазка.

Результаты исследований и их обсуждение. Результаты изучения влияния фитогенной кормовой добавки на убойные показатели молодняка овец эдильбаевской породы представлены в таблице 1.

Из табличных данных следует, что по убойной массе баранчики III опытной группы превосходили своих сверстников из контрольной, I и II исследуемых групп в 7-месячном возрасте на 20,55; 14,04 и 5,53 % соответственно. Наибольший убойный выход отмечался у баранчиков III опытной группы, составив в семь месяцев 48,61 %, что на 6,60; 4,85 и 2,19 абс. % больше, чем у животных из контрольной, I и II исследуемых групп соответственно. Морфологический состав мякоти туш – важный показатель, характеризующий мясные качества исследуемых животных – соотношение в туше мышечной и костной ткани.

Таблица 1

Убойные показатели эдильбаевских баранчиков (n=3)

Table 1

Slaughter parameters of Edilbaev young rams (n=3)

Показатель	Группа			
	контрольная	I	II	III
4 месяца				
Предубойная масса, кг	33,62±0,26	33,69±0,24	33,75±0,22	33,81±0,25
Масса туши, кг	11,90±0,18	11,92±0,14	11,95±0,17	11,96±0,16
Масса внутреннего жира, кг	0,26±0,01	0,27±0,03	0,27±0,02	0,28±0,01
Масса курдюка, кг	1,36±0,15	1,39±0,17	1,41±0,13	1,43±0,16
Убойная масса, кг	13,52±0,13	13,58±0,15	13,63±0,15	13,67±0,12
Убойный выход, %	40,21	40,32	40,38	40,44
7 месяцев				
Предубойная масса, кг	44,44±0,26	46,16±0,27	47,82±0,23	48,34±0,29
Масса туши, кг	16,34±0,17	17,79±0,15	19,73±0,18	20,97±0,17
Масса внутреннего жира, кг	0,38±0,02	0,41±0,04	0,43±0,03	0,45±0,02
Масса курдюка, кг	1,95±0,16	2,00±0,18	2,04±0,14	2,08±0,17
Убойная масса, кг	18,67±0,14	20,20±0,16	22,20±0,16	23,50±0,13
Убойный выход, %	42,01	43,76	46,42	48,61

Результаты исследования влияния фитогенной кормовой добавки на морфологический и сортовой состав туш эдильбаевских баранчиков представлены в таблице 2 и 3.

Таблица 2

Морфологический состав туш эдильбаевских баранчиков (n=3)

Table 2

Morphological composition of Edilbaev young rams' carcasses (n=3)

Показатель	Группа			
	контрольная	I	II	III
4 месяца				
Масса туши, кг	11,90±0,18	11,92±0,14	11,95±0,17	11,96±0,16
Содержание в туше: мякоти, кг	8,97±0,13	8,98±0,12	9,00±0,12	9,01±0,11
%	75,35	75,36	75,35	75,35
костей, кг	2,93±0,11	2,94±0,11	2,95±0,13	2,95±0,12
%	24,65	24,64	24,65	24,65
Коэффициент мясности	3,06	3,05	3,05	3,05
Площадь «мышечного глазка», см ²	9,12	9,13	9,12	9,13
7 месяцев				
Масса туши, кг	16,34±0,17	17,79±0,15	19,73±0,18	20,97±0,17
Содержание в туше: мякоти, кг	12,57±0,12	13,80±0,11	15,44±0,12	16,59±0,12
%	76,95	77,57	78,25	79,11
костей, кг	3,77±0,13	3,99±0,12	4,29±0,14	4,38±0,15
%	23,05	22,43	21,75	20,89
Коэффициент мясности	3,33	3,46	3,60	3,79
Площадь «мышечного глазка», см ²	12,85	12,94	13,06	13,15

При анализе табличных данных можно отметить, что по выходу мякоти баранчики III опытной группы превосходили своих сверстников из контрольной, I и II групп в 7-месячном возрасте на 2,16; 1,54 и 0,86 абс. % соответственно.

Наибольший коэффициент мясности из всех исследуемых групп наблюдался у молодняка овец III опытной группы и составлял в семь месяцев 3,79 ед., наименьший коэффициент – 3,33 ед. – у баранчиков из контрольной группы.

Изучая площадь «мышечного глазка» мы пришли к следующим результатам. Наибольшая площадь «мышечного глазка», составившая в семь месяцев 13,15 см², отмечалась у молодняка овец эдильбаевской породы III опытной группы. Данное превосходство над молодняком из контрольной, I и II опытных групп насчитывало 0,30; 0,21 и 0,09 см² соответственно.

Результаты влияния фитогенной кормовой добавки на сортовой состав туш эдильбаевских баранчиков показали превосходство молодняка в 7-месячном возрасте по выходу отрубов I сорта. Так, наибольший выход отрубов I сорта наблюдался у молодняка овец III опытной группы и составлял в семь месяцев 88,41 %, это на 2,03; 1,16 и 0,58 абс. % больше, чем у сверстников из контрольной, I и II исследуемых групп соответственно.

Таблица 3

Сортовой состав туш эдильбаевских баранчиков (n=3)

Table 3

Meat type composition of Edilbaev young rams` carcasses (n=3)

Группа	Выход отрубов по сортам			
	I		II	
	кг	%	кг	%
4 месяца				
Контр. (Эд) 0 %	10,14±0,16	85,25	1,76±0,10	14,75
I (Эд) 5 %	10,16±0,18	85,26	1,76±0,12	14,74
II (Эд) 10 %	10,19±0,15	85,26	1,76±0,11	14,74
III (Эд) 15%	10,20±0,17	85,25	1,76±0,13	14,75
7 месяцев				
Контр. (Эд) 0 %	14,11±0,21	86,38	2,23±0,19	13,62
I (Эд) 5 %	15,52±0,20	87,25	2,27±0,18	12,75
II (Эд) 10 %	17,33±0,23	87,83	2,40±0,15	12,17
III (Эд) 15%	18,54±0,21	88,41	2,43±0,17	11,59

Закключение. Результаты исследования показали, что фитогенная кормовая добавка повысила убойные показатели баранчиков эдильбаевской породы, существенно увеличив их у III опытной группы. Исходя из вышесказанного, рекомендуем использовать в кормлении баранчиков фитогенную кормовую добавку, способствующую увеличению убойных показателей и повышающую уровень мясной продуктивности у животных.

Список источников

1. Базаев С.О., Юлдашбаев Ю.А., Арилов А.Н. Качественная характеристика мяса калмыцких курдючных овец и их помесей с баранами-производителями породы дорпер // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2020. № 5(85). С.

223–226.

2. Ерохин А.И., Карасев Е.А., Ерохин С.А. Эффективность использования помесных баранов маток при вводном скрещивании // Овцы, козы, шерстное дело. 2016. № 4. С. 11–12.
3. Лушников В.П., Сазонова И.А., Шпуль С.В. Мясная продуктивность эдильбаевских баранчиков, выращенных в разных природно-климатических зонах // Овцы, козы, шерстяное дело. 2014. № 1. С. 29–30.
4. Молчанов А.В., Светлов В.В., Козин А.Н. Эффективность скрещивания маток куйбышевской породы с эдильбаевскими баранами // Овцы, козы, шерстяное дело. 2017. № 2. С. 7–8.
5. Филатов А.С., Мельников А.Г. Эффективность повышения мясной продуктивности баранчиков грозненской породы и ее помесей с калмыцкой // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2015. № 4 (40). С. 150–155.
6. Характеристика шерсти баранчиков породы дорпер / В.А. Погодаев, А.Н. Арилов, Б.К. Адучиев, Н.В.Сергеева // Известия Горского государственного аграрного университета. Владикавказ. 2017. Том 54. Часть 1.С.73–77.
7. Рост и экстерьерные особенности баранчиков породы дорпер в период адаптации в условиях Республики Калмыкия / А.Н. Арилов, В.А. Погодаев, Б.К. Адучиев, Н.В.Сергеева // Зоотехния.2017. №03. С.28–32.
8. Погодаев В.А.,Арилов А.Н., Сергеева Н.В. Биохимические показатели крови баранчиков породы дорпер в период адаптации к природно- климатическим условиям // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2017. №1(46). С.112–116.
9. Хозяйственно-полезные качества и биологические особенности овец, полученных от скрещивания пород калмыцкая курдючная и дорпер в условиях аридной зоны Калмыкии / В.А. Погодаев, Н.В. Сергеева, Ю.А. Юлдашбаев, А.И. Ерохин, Е.А. Карасев, Т.А. Магомадов // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии.– 2019. – Вып. 4.–С. 58–76.(ISSN 0021- 342X.DOI 10.34677/0021-342x-2019-4-58-76).
10. Погодаев В.А., Сергеева Н.В, Адучиев Б.К.Энергия роста и мясные качества баранчиков калмыцкой курдючной породы и помесей (1/2 калмыцкая курдючная + 1/2 дорпер) при интенсивном откорме// Аграрный научный журнал. 2020. № 7. С.50–54. doi:10.28983/asj.y2020i7pp50-54.
11. Погодаев В. А.,Сергеева Н.В., Адучиев Б.К. Качество мышечной и жировой тканей баранчиков с кровностью 1/2 калмыцкая курдючная + 1/2 дорпер в шести месячном возрасте// Зоотехния. 2020. № 6.С.21–26. doi:10.25708/ZT.2020.62.29.007.
12. Погодаев В.А., Сергеева Н.В., Адучиев Б.К. Эффективность скрещивания овцематок ставропольской породы с помесными баранами (1/2 –калмыцкая курдючная + 1/2 дорпер // Аграрный научный журнал.2021. № 1.С. 60–64. DOI 10.28983/asj.y2021i1pp60-64.
13. Адучиев Б.К., Погодаев В.А., Сергеева Н.В. Мясная продуктивность баранчиков, полученных от скрещивания овцематок ставропольской породы с баранами кровностью ½ калмыцкая курдючная + ½ дорпер // Зоотехния.2021.№1. С. 35–39. DOI: 10.25708/ZT.2021.74.55.008.
14. Интерьерные особенности овец, полученных от скрещивания пород калмыцкая курдючная и дорпер в условиях аридной зоны Калмыкии / В.А.Погодаев, А.Н.Арилов,Н.В. Сергеева, П.А. Алигазиева //Проблемы развития АПК региона. 2021.№3(47). С. 123–

127. 10.52671/20790996_2021_3_123.

15. Meat productivity and interior features of mongrel lambs ($\frac{1}{2}$ Kalmyk fat tailed + $\frac{1}{2}$ Dorper) at intense feeding/ V.A. Pogodaev, B.K. Aduchiev, N.V. Sergeeva, I.V. Pogodaeva// IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 624 (2021) 012048 IOP Publishing doi:10.1088/1755-1315/624/1/012048.

References

1. Bazaev S.O., Yuldashbaev Yu.A., Arilov A.N. Qualitative characteristics of meat of Kalmyk fat-tailed sheep and their hybrids with stud rams of the Dorper breed // Izvestia Orenburg State Agrarian University. 2020. No. 5 (85). P. 223-226.
2. Erokhin A.I., Karasev E.A., Erokhin S.A. Efficiency of using crossbred rams and ewes during breeding method of introducing new blood // Sheep, goats, wool business. 2016. No.4. P. 11-12.
3. Lushnikov V.P., Sazonova I.A., Shpul S.V. Meat productivity of Edilbaev young rams grown in different natural and climatic zones // Sheep, goats, wool business. 2014. No.1. P. 29-30.
4. Molchanov A.V., Svetlov V.V., Kozin A.N. Effectiveness of crossing ewes of Kuibyshev breed with Edilbaev rams // Sheep, goats, wool business. 2017. No.2. P. 7-8.
5. Filatov A.S., Melnikov A.G. Effectiveness of increasing the meat productivity of young rams of the Grozny breed and its crossbreeds with Kalmyk // Izvestia of the Lower Volga Agro-University Complex: science and higher professional education. 2015. No.4 (40). P.150-155.
6. Characteristics of the wool of young rams of the Dorper breed / V.A. Pogodaev, A.N. Arilov, B.K. Aduchiev, N.V. Sergeeva // Proceedings of Gorsky State Agrarian University. Vladikavkaz. 2017. Volume 54. Part1. P. 73-77.
7. Growth and exterior features of Dorper young rams during the period of adaptation in the conditions of the Republic of Kalmykia / A.N. Arilov, V.A. Pogodaev, B.K. Aduchiev, N.V. Sergeeva // Zootechniya. 2017. No. 03. P. 28–32.
8. Pogodaev V.A., Arilov A.N., Sergeeva N.V. Biochemical blood parameters of Dorper young rams during the period of adaptation to natural and climatic conditions // Izvestiya of St. Petersburg State Agrarian University. 2017. No.1 (46). P. 112–116.
9. Economically useful qualities and biological characteristics of sheep obtained from crossing the Kalmyk fat-tailed and Dorper breeds in the conditions of the arid zone of Kalmykia / V.A. Pogodaev, N.V. Sergeeva, Yu.A. Yuldashbaev, A.I. Erokhin, E.A. Karasev, T.A. Magomadov // Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy. – 2019. – Issue. 4. – P. 58 – 76. (ISSN 0021-342X. DOI 10.34677 / 0021-342x-2019-4-58-76).
10. Pogodaev V.A., Sergeeva N.V., Aduchiev B.K. Growth energy and meat qualities of Kalmyk fat-tailed young rams and crossbreeds ($\frac{1}{2}$ Kalmyk fat-tailed + $\frac{1}{2}$ Dorper) with intensive fattening // Agrarian Scientific Journal. 2020. No.7. P. 50-54. doi:10.28983/asj.y2020i7pp50–54.
11. Pogodaev V.A., Sergeeva N.V., Aduchiev B.K. Quality of muscle and adipose tissues of young rams with a bloodline of $\frac{1}{2}$ Kalmyk fat-tailed + $\frac{1}{2}$ Dorper at six months of age // Zootechniya. 2020. No.6. P. 21-26. doi:10.25708/ZT.2020.62.29.007.
12. Pogodaev V.A., Sergeeva N.V., Aduchiev B.K. Effectiveness of crossing ewes of the Stavropol breed with crossbreeds ($\frac{1}{2}$ Kalmyk fat-tailed + $\frac{1}{2}$ Dorper) // Agrarian Scientific Journal. 2021. No.1. P.60-64. DOI10.28983/asj.y2021i1pp60-64.
13. Aduchiev B.K., Pogodaev V.A., Sergeeva N.V. Meat productivity of young rams obtained from crossing ewes of the Stavropol breed with rams of blood type $\frac{1}{2}$ Kalmyk fat-tailed + $\frac{1}{2}$ Dorper // Zootechniya. 2021. No.1. P.35-39. DOI:10.25708/ZT.2021.74.55.008.
14. Interior features of sheep obtained from crossing Kalmyk fat-tailed and Dorper breeds in the conditions of the arid zone of Kalmykia / Pogodaev V.A., Arilov A.N., Sergeeva N.V., Aligazieva P.A. // Problems of development of the agro-industrial complex of the region. 2021. No.3 (47). P.123-127. 10.52671/20790996_2021_3_123

15. Meat productivity and interior features of mongrel lambs ($\frac{1}{2}$ Kalmyk fat tailed + $\frac{1}{2}$ Dorper) at intense feeding/ V.A. Pogodaev, B.K. Aduchiev, N.V. Sergeeva, I.V. Pogodaeva// IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 624 (2021) 012048 IOP Publishing doi:10.1088/1755-1315/624/1/012048.

Сведения об авторах

Молчанов Алексей Вячеславович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой «Технология производства и переработки продукции животноводства», тел.: 8927134-58-02, e-mail: molchanov_av@mail.ru, ORCID 0000-0002-0819-1484

Козин Антон Николаевич, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Технология производства и переработки продукции животноводства», тел.: 896058-06-45, e-mail: a.kozin.90@mail.ru, ORCID 0000-0001-8674-4382

Першутин Владимир Александрович, аспирант кафедры «Технология производства и переработки продукции животноводства», тел.: 8927910-15-87, e-mail: pershutin6497@mail.ru, ORCID0009-0006-0054-6654

Молчанов Вячеслав Алексеевич, аспирант кафедры «Болезни животных и ветеринарно-санитарная экспертиза», тел.: 8927050-77-03, e-mail: slavok1112@inbox.ru, ORCID0009-0008-1430-0377

Information about the authors

A. V. Molchanov, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Department of Technology of Production and Processing of Livestock Products, tel.: 8-927-134-58-02, e-mail: molchanov_av@mail.ru, ORCID 0000-0002-0819-1484

A. N. Kozin, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Technology of Production and Processing of Livestock Products, tel.: 8-960-358-06-45, e-mail: a.kozin.90@mail.ru, ORCID 0000-0001-8674-4382

V. A. Pershutin, postgraduate student of the Department of Technology of Production and Processing of Livestock Products, tel.: 8-927-910-15-87, e-mail: pershutin6497@mail.ru, ORCID0009-0006-0054-6654

V. A. Molchanov, postgraduate student of the Department of Animal Diseases and Veterinary-Sanitary Examination, tel.: 8-927-050-77-03, e-mail: slavok1112@inbox.ru, ORCID0009-0008-1430-0377

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

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

Статья поступила в редакцию 17.10.2024; одобрена после рецензирования 25.10.2024; принята к публикации 17.12.2024.

The article was submitted 17.10.2024; approved after reviewing 25.10.2024; accepted for publication 17.12.2024.

Молчанов А.В., Козин А.Н., Першутин В.А., Молчанов В.А.

Сельскохозяйственный журнал. 2024. № 4 (17). С. 127-135
Agricultural journal. 2024; 17 (4). P. 127-135

Зоотехния и ветеринария

Научная статья

УДК: 638.12

DOI: 10.48612/FARC/2687-1254/013.4.17.2024

БИОЛОГИЧЕСКИЙ ЦИКЛ РАЗВИТИЯ КЛЕЩЕЙ – ЭКТОПАРАЗИТОВ ПЧЕЛ

**Сусанна Арестовна Пашаян¹, Василий Иванович Комлацкий²,
Марина Викторовна Калашникова³, Венер Нуруллович Саттаров⁴**

¹Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Государственный аграрный университет Северного Зауралья», Россия, г. Тюмень, ул. Республики, 7, e-mail: pashayansa@gausz.ru

²Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет им. Трубилина», Россия, г. Краснодар, e-mail: kubanagro@list.ru

³Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Государственный аграрный университет Северного Зауралья», Россия, г. Тюмень, ул. Республики, 7, e-mail: kalashnikova.mv@gausz.ru

⁴Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы», Россия, республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Октябрьской революции, 3-а, e-mail: wener5791@yandex.ru

Аннотация. Медоносные пчёлы относятся к полезным насекомым, они ценятся своими питательными, диетическими и лечебными продуктами, участвуют в опылении энтомофильных сельскохозяйственных культур, способствуя увеличению их урожая. Но в настоящее время в пчеловодстве существуют серьёзные проблемы, тормозящие его развитие. К таким проблемам относятся инвазионные болезни акарозы-варроатоз и тропилелапсоз пчел, возбудителями которых являются клещи клещи *Varroa destructur* и четыре вида клещей *Tropilaelaps*: *Tropilaelaps clareae*, *Tropilaelaps mercedesae*, *Tropilaelaps koenigerum* и *Tropilaelaps thaii*. Это внешние паразитические клещи – эктопаразиты, обитающие на теле личинок, куколок и имаго медоносных пчел, питаются гемолимфой, размножаются только на расплоде, нанося этим огромный вред пчелиным семьям и пасакам. В борьбе с возбудителями варроатоза и тропилелапсоза существует множество акарицидных препаратов, которые должны оказывать эффективное влияние на клещей, но, к сожалению, не всегда наблюдается результативность при применении этих химических веществ. Причина заключается в несвоевременном использовании данных химикатов. Если применять акарициды тогда, когда клещи находятся в сотах закрытого расплода, то результат не будет достигнут. В закрытом расплоде паразиты надежно защищены от влияния акарицидов, поэтому необходимо использовать эти вещества во взрослой стадии паразитов, когда они выходят из сотов и находятся на имаго пчёл или среди них. При разработке лечебно-профилактических мероприятий против возбудителей указанных болезней в условиях региона возникает необходимость в изу-

чении биологического цикла развития возбудителей в пчелиных семьях и установлении конкретных оптимальных сроков применения акарацидных препаратов.

Ключевые слова: пчёлы, инвазионные болезни, варроатоз, тропилелатоз, возбудители, клещи, биологический цикл развития.

Для цитирования: Пашаян С.А., Комлацкий В.И., Калашникова М.В., Саттаров В.Н. Биологический цикл развития клещей – эктопаразитов пчёл// Сельскохозяйственный журнал. 2024. № 4 (17). С. 127-135. DOI: 10.48612/FARC/2687-1254/013.4.17.2024

Zootechny and veterinary science

Originalarticle

BIOLOGICAL LIFE CYCLE OF MITES - ECTOPARASITES OF BEES

Susanna A. Pashaian ¹, Vasilii I. Komlatskii ², Marina V. Kalashnikova ³,
Vener N. Sattarov ⁴

¹Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “State Agrarian University of the Northern Trans-Urals”, Russia, Tyumen, Respubliki st., 7, e-mail: pashayansa@gausz.ru

²Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Kuban State Agrarian University named after Trubilin”, Russia, Krasnodar, e-mail: kubanagro@list.ru

³Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “State Agrarian University of the Northern Trans-Urals”, Russia, Tyumen, Respubliki st., 7, e-mail: kalashnikova.mv@gausz.ru

⁴Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Bashkir State Pedagogical University named after M. Akmulla”, Russia, Republic of Bashkortostan, Ufa, Oktia-brskoi revoliutsii st., 3-a, e-mail: wener5791@yandex.ru

Abstract. Honey bees are beneficial insects. They are valued for their nutritious, dietary and medicinal products. They pollinate entomophilous crops, helping to increase their yield. However, nowadays, there are serious problems in beekeeping that are hindering its development. These problems include the invasive acarine diseases – varroatosis and tropilaelapsosis of bees. The causative agents are *Varroa destructor* mites and four species of *Tropilaelaps* mites: *Varroa destructor* и четыре вида клещей *Tropilaelaps*: *Tropilaelaps clareae*, *Tropilaelaps mercedesae*, *Tropilaelaps koenigerum* и *Tropilaelaps thaii*. These are external parasitic mites – ectoparasites, which live on the bodies of larvae, pupae and adults of honey bees, feed on hemolymph, reproduce only on brood, thereby causing great harm to bee colonies and apiaries. In the fight against the pathogens of varroatosis and tropilaelapsosis, there are many acaricidal preparations, which should show their acaricidal effect on ticks, but unfortunately, the effectiveness is not always observed when using these chemicals. The reason is the untimely use of these chemicals. If acaricides are used when mites are in the combs of closed brood, the result will not be achieved. In closed brood, parasites are well protected from the influence of acaricides, so it is necessary to use these substances in the adult stage of parasites, when they leave the combs and are on the imago of bees or among them. When developing therapeutic and preventive measures against pathogens of the above diseases in the conditions of the region, it is necessary to study the biological life cycle of pathogens in bee colonies and establish specific optimal periods for the use of acaricides.

Keywords: bees, invasive diseases, varroatosis, tropilaelapsosis, pathogens, mites, biological life cycle.

For citation: Pashaian S.A., Komlatskii V.I., Kalashnikova M.V., Sattarov V. N. Biological life cycle of mites - ectoparasites of bees // Agricultural Journal. 2024. No. 17 (4). P. 127-135. DOI: 10.48612/FARC/2687-1254/013.4.17.2024

Введение. Медоносные пчёлы – это полезные насекомые, дающие ценное сырьё для производства многих народнохозяйственных товаров и лекарственных препаратов, являющиеся также основными опылителями многих сельскохозяйственных культур.

Пчёлы живут большими, хорошо организованными семейными группами. Сложнорефлекторным путем пчёлы разделены на группы, и каждое насекомое в семье выполняет свою работу. Это удивительное поведение высокоорганизованных насекомых способствует сохранению существования семьи.

Но проживание насекомых колониями приводит к тому, что в их семьях создаются благоприятные условия для развития заразных болезней, легко распространяющихся от одной особи к другим [1]. К заразным относятся инфекционные и инвазионные болезни. В настоящее время в пчеловодстве значительные проблемы создают инвазионные болезни, вызываемые клещами, заражение которыми наносит серьёзный ущерб семьям медоносных пчел. Паразитарные клещи вызывают акарозы пчел. Патогенез этих болезней заключается в том, что возбудители питаются и развиваются за счет организма пчел и их расплода, приводя к деформации куколок, взрослых особей (задержка роста, повреждение крыльев/ног/брюшка) и упадку семьи. Клещи также могут быть переносчиками вирусных возбудителей, например вирусозов пчёл [2, 3].

На протяжении многих лет, со дня определения варроатоза как паразитарного заболевания пчёл, учеными разрабатывается множество новых акарицидных препаратов против возбудителей. Но варроатоз распространён во всем мире, кроме Австралии, и все пасеки считаются неблагополучными по этой инвазии, так как полностью уничтожить возбудителя не предоставляется возможным. Пока удаётся снизить заклещёванность пчёл.

В настоящее время во многих странах мира появилось новое паразитарное заболевание – тропилелапсоз, возбудителем которого также являются клещи [4, 5].

С целью проведения противопаразитарных эффективных мероприятий необходимо изучение биологического цикла развития пчел и их паразитов в течение года. Это необходимо для планирования сроков применения акарицидов.

Длительность биологического цикла развития от стадии яиц до имагинальной формы у пчёл разных каст – маток, рабочих пчел и трутней – находится в различных пределах. Так, продолжительность цикла у маток составляет 15-16 дней, рабочих пчёл – 21 день, трутней – 24 дня. После откладки яиц маткой, на третий день, из них выходят молодые личинки. Продолжительность личиночной фазы всех каст совпадает и составляет пять дней. На пятый день все личинки окукливаются – переходят в куколочную фазу. Продолжительность этой фазы у разных каст находится в разных пределах: у маток составляет 7-8 дней, у рабочих пчёл – 13-14 дней, у трутней – 15-16 дней.

Цель данной работы – установить биологический цикл развития клещей-эктопаразитов – возбудителей паразитарных болезней варроатоза и тропилелапсоза в условиях Тюменской области.

Материал и методы исследования. Научно-исследовательские работы для установления биологического цикла развития клещей-эктопаразитов в условиях Тюменской области проводились в период 2020–2024 гг. на кафедре анатомии и физиологии ФГБОУ ВО «ГАУ Северного Зауралья» и пасеках юга Тюменской области. В ходе работы учитывали биологический цикл развития пчел и возбудителей варроатоза и тропилеласоза в течение года. Объектом исследования стали пчелиные семьи пасек Тюменской области, пораженные варроатозом и тропилеласозом.

Результаты исследований и их обсуждение. В безрасплодный период в семьях пчёл паразитарные клещи находятся не теле пчел или в гнезде на соторамках. При появлении личинок и куколок пчёл клещи с целью размножения проникают к ним для кладки яиц. В расплодный период клещи надежно защищены от внешних факторов.

В условиях Тюменской области пчелиные семьи начинают размножаться в конце марта – начале апреля, когда матка пчёл приступает к откладке яиц, и в середине апреля и начале мая в семьях уже, как правило, появляется расплод. Клещи *Varroa destructor* и четыре вида клещей *Tropilaelaps*: *Tropilaelaps clareae*, *Tropilaelaps mercedesae*, *Tropilaelaps koenigerum* и *Tropilaelaps thaii* начинают размножаться через одну-две недели после появления пчелиного расплода. Когда самки клещей готовы отложить яйца, они начинают проникать в соты с расплодом, спускаются на дно ячейки погружаются в оставшуюся пищу расплода. После того, как расплод запечатывается воскопыльцевой крышечкой, куколки становятся пищей для клещей. Клещи, находясь в сотах с расплодом, начинают кладку яиц примерно через три дня после того, как соты закрываются. Оплодотворенная самка клеща варроа откладывает от 4 до 6 яиц. Взрослая самка со своим незрелым потомством питается и развивается на пчеле по мере ее созревания (рисунок 1) [6, 7, 8].

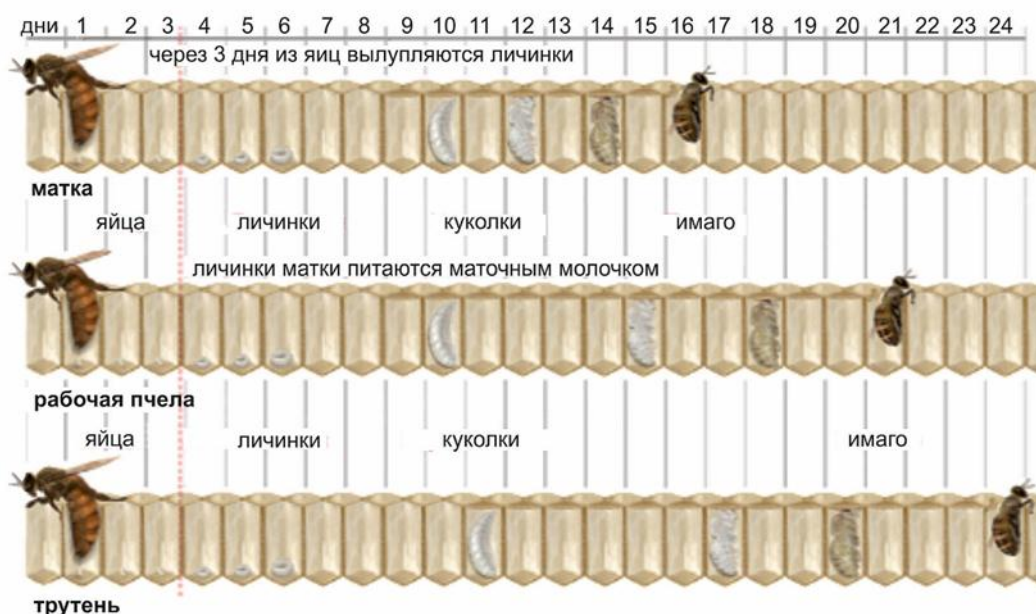


Рисунок 1. Биологический цикл развития *Apismellifera* L.

Figure 1. Biological life cycle of *Apismellifera* L.

Жизненный цикл клещей состоит из четырех стадий: яйца, двух восьминогих нимфальных стадий – протонимфы и дейтонимфы и взрослой особи. Период от яйца до взрослой особи занимает у самок 6-7 дней, у самцов – 5-6 дней. Клещи спариваются в

расплодных сотах на телах куколок пчёл; взрослые самцы умирают после совокупления. Взрослая пчела служит промежуточным хозяином и переносчиком для самок клещей. Клещи Варроа отдают предпочтение трутневому расплоду. Большее количество потомков клещей может созреть в течение более длительного времени развития. Однако поражается и расплод рабочих пчёл. Расплод матки может быть поражён только в том случае, если в семье много клещей. Самки клещей, появившиеся летом, живут 2-3 месяца, а родившиеся осенью – от 5 до 8 месяцев [9, 10].

Находясь на телеимаго медоносной пчелы, самки клещей *Varroa* заползают между стернитами и тергитами брюшка, где питаются пчелиной гемолимфой. Находясь на взрослых медоносных пчелах, клещи *Varroa* могут быстро распространяться на новые близлежащие семьи и пасеки из-за привычек медоносных пчел роиться, воровать и перемещаться. Продолжительность жизни клещей *Varroa* зависит от наличия расплода и может варьировать от 25 дней до 5 месяцев. Летом клещи *Varroa* могут жить 2-3 месяца, а при наличии расплода совершить 3-4 цикла размножения. Зимой, когда расплод либо отсутствует, либо ограничен, самки клеща *Varroa* зимуют на телах взрослых пчёл в течение всего зимнего периода. Пораженные взрослые особи слабеют и погибают, а самки клеща переходят на других пчёл. При высоком поражении клещами семьи могут погибнуть, не доживая до весны. Взрослый клещ *Varroa* способен жить и питаться взрослой пчелой примерно до 3 месяцев, взрослые самки клещей *Varroa* могут жить без еды до 5 дней (рисунок 2) [10].

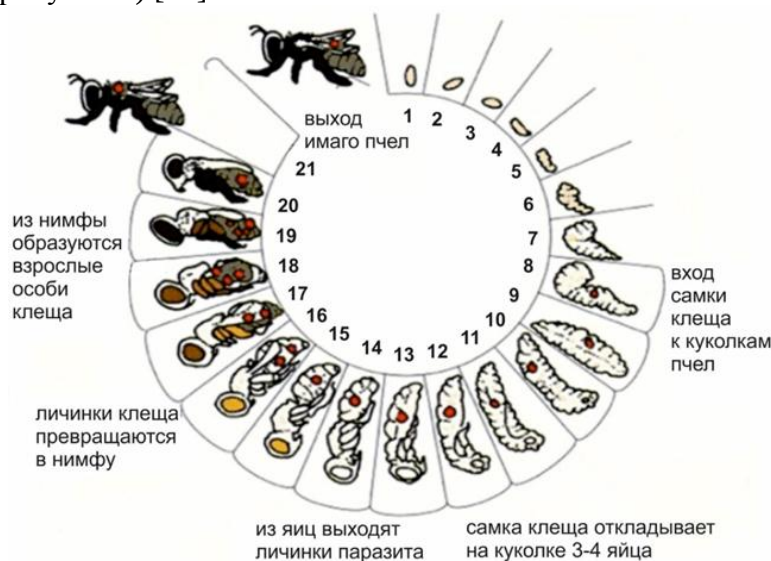


Рисунок 2. Биологический цикл развития клеща *Varroa destructor* L.
Figure 2. Biological life cycle of *Varroa destructor* L. mite

Жизненный цикл возбудителей тропилелатоза пчёл *Tropilaelaps* во многом похож на цикл клещей *Varroa*, поскольку оба вида этих насекомых являются внешними паразитами медоносных пчел. Однако клещи *Tropilaelaps* имеют гораздо более короткий жизненный цикл и из-за этого обладают гораздо более высокой скоростью размножения, чем клещи *Varroa*. В некоторых ульях на каждого клеща *Varroa* в семье медоносных пчел может приходиться около 25 клещей *Tropilaelaps*. Тем не менее, в отличие от клещей *Varroa*, способных выживать на взрослых пчелах в течение нескольких месяцев, клещи *Tropilaelaps* могут жить на взрослой рабочей пчеле около 3 дней, поскольку хоботок взрослого клеща *Tropilaelaps* не может пробить внешний покров

взрослых особей и, следовательно, питаться на имаго пчёл. По этой причине клещи *Tropilaelaps* проводят большую часть своей жизни на расплоде пчёл и продолжают размножаться и выживать в семье до тех пор, пока присутствует расплод (рисунок 3) [11, 13].

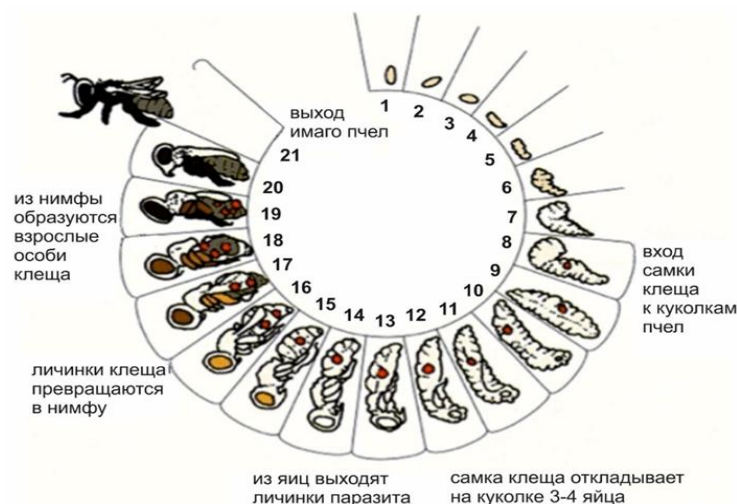


Рисунок 3. Биологический цикл развития клещей рода *Tropilaelaps*
Figure 3. Biological life cycle of mites of the genus *Tropilaelaps*

Самка клеща *Tropilaelaps* проникает в ячейки с рабочим и трутневым расплодом, у которых идет процесс формирования восковой крышки, и откладывает обычно 3 или 4 яйца. Развитие от яйца до взрослой особи занимает около одной недели, и взрослые особи клещей (как правило, 2-3) выходят из расплодных сотов вместе с появившимися молодыми пчёлами [14]. Находясь в ячейке с крышкой в стадии личинки, нимфы клеща питаются развивающимся расплодом, что вызывает общее недоразвитие взрослых пчёл либо выход насекомых с недоразвитыми крыльями. Взрослые особи *Tropilaelaps* активные, красно-коричневого цвета длиной около 1 мм и шириной обычно 0,5 мм, что составляет примерно треть размера клеща *Varroa*. Учитывая, что клещи *Tropilaelaps* не могут долго выживать на взрослых пчёлах, подавляющее большинство взрослых клещей (>95 %) обычно спариваются и повторно проникают в соты с расплодом, чтобы продолжить размножение [15].

Таким образом, в результате проведенных работ по изучению биологического цикла развития пчёл и клещей в условиях Тюменской области было установлено, что в пчелиных семьях в безрасплодный период (соответственно с осени – зимы до начала весны), когда в семьях присутствуют только имаго пчел, клещи находятся в гнезде или на рабочих пчелах, а также на рамках. При появлении в семьях расплода клещи для откладки яиц и размножения переходят в соты с расплодом перед их запечатыванием, после закрытия сотов они будут защищены от внешних факторов. Поэтому заклещёванность – поражённость имаго пчел клещами снижается. В этот период клещи поднимаются на тела пчёл только для распространения и перехода на других пчёл, рамки или пчелосемьи.

Анализ полученных результатов показывает, что мероприятия против возбудителей эктопаразитов с применением акарицидных препаратов необходимо проводить в семьях в безрасплодный период жизни пчел, т.е. осенью и весной, когда в семьях нет расплода. Клещи в этот период находятся в гнезде пчел. Появление в семьях расплода

приводит к тому, что клещи с целью размножения проникают в соты с расплодом. Там, под воско-пыльцевыми крышками, они надежно защищены от воздействия химикатов, даже высоких доз, применение которых может отравить всю пчелиную семью, но не повлиять на жизнеспособность клещей.

Заключение. Пчелы являются полезными насекомыми, они дают лечебную и диетическую продукцию, принимают активное участие в опылении медоносных растений. Пчелы живут семьями-колониями, что создает благоприятную обстановку для развития и распространения заразных болезней, не поддающихся полному излечению. К заразным болезням пчёл относятся инвазионные болезни – варроатоз и тропилелатоз, вызываемые клещами-эктопаразитами из родов *Varroa* и *Tropilaelaps*. Эти паразиты вызывают снижение жизнедеятельности пчел. При высокой степени поражения семьи пчел слабеют и погибают. Возбудители паразитарных болезней акарозов полностью адаптировались к условиям существования пчелиных семей, и самое главное – биологический цикл развития пчёл и возбудителей варроатоза и тропилелатоза целиком совпадает. В период размножения пчёл у клещей тоже осуществляется размножение.

Для лечения и проведения противоклещевых мероприятий необходимо учитывать тот факт, что применение акарицидов необходимо осуществлять только в безрасплодный период, т.е. осенью и весной, когда клещи находятся на пчёлах или на гнездовых рамках. В период появления расплода клещи с целью размножения проникают в соты с расплодом, где они надежно защищены от воздействия пестицидов.

Список источников

1. Домацкая Т. Ф., Домацкий А. Н. Терапевтическая эффективность варропласта М при варроатозе в осенний период // Вестник КрасГАУ. 2023. № 4 (193). С. 125–130.
2. Шишкина В.В., Пашаян С.А., Калашникова М.В. Эпизоотологическое состояние пасек юга Тюменской области // Пчеловодство. 2015. № 7. С. 38-39.
3. Столбова В.В. Мезостигматические клещи и их роль в ульях пчел // Пчеловодство. 2024. № 3. С. 24–26.
4. Stolbova V.V., Stolbov V.A. Inquiline insects of the honey bee *Apis mellifera* in Western Siberia (Hymenoptera, apidae) // Journal of Hymenoptera Research. 2023. Т. 96. С. 555-568.
5. Stolbov V.A., Stolbova V.V., Sheykin S.D. Water mites (Hydrachnidia) of temporary ponds of Western Siberia: do the composition and the structure of acarofauna change over a long period of time // Systematic & Applied Acarology. 2021. Т. 26. № 9. С. 1783-1792.
6. Аномалии глаз рабочих пчел на территории Башкортостана / В.Н. Саттаров, В.Р. Туктаров, Н.Ф. Мухаметова, Е.М. Иванцов // Пчеловодство. 2014. № 5. С. 18-19.
7. Периоды в годовом цикле жизни пчел / Пашаян С.А., Сидорова К.А., Калашникова М.В., Столбов Н.М. // Пчеловодство. 2012. № 6. С. 12-13.
8. Пашаян С.А., Сидорова К.А., Столбов Н.М. Гемолимфа трутня при варроатозе // Пчеловодство. 2008. № 3. С. 31-32.
9. Домацкая Т.Ф., Домацкий А.Н., Шнайдер А.А. Способ борьбы с варроатозом пчел // Патент на изобретение RU 2294632 С2, 10.03.2007. Заявка № 2005100069/13 от 11.01.2005.
10. Домацкая Т.Ф. Эффективность танина при варроатозе // Пчеловодство. 2012. № 10. С. 24-25.
11. Домацкая Т.Ф., Домацкий А.Н., Зинатуллина З.Я. Распространение возбудителей инвазий и инфекций медоносных пчел на пасеках Тюменской области // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2021. № 4. С. 70–72.
12. Скворцов А.И. Морфотипы и некоторые морфологические изменения у *Apis mellifera* в Чувашской республике / А.И. Скворцов, Саттаров В.Н., Семенов В.Г. // Пчеловодство. 2018. № 1. С. 19–21.

13. Glazunov Y.V., Glazunova L.A. Phenology of pasture ticks in the Trans-Urals // Indian Veterinary Journal. 2018. T. 95. № 1. С. 19-22.
14. Glazunov Y V, Glazunova L. A. Phenology of pasture ticks in the Trans-Urals // Indian Veterinary Journal. 2018. T. 95. № 1. С. 19.
15. Pashayan S A, Sidorova K. A. Impact of environmental factors on the degree of spread of infectious diseases of bees // Аграрный вестник Урала. 2019. № 12(79). С. 30.
16. Брандорф А.З., Ивойлова М.М. Тропилелапсоз медоносных пчел: профилактика и лечение // Пчеловодство. 2024. № 4. С. 26–29.

References

1. Domatskaia T. F., Domatskii A. N. Therapeutic effectiveness of varroplast M with varroatoxis in the autumn period // Bulletin of KrasSAU. 2023. No. 4 (193). P. 125-130.
2. Shishkina V. V., Pashaian S. A., Kalashnikova M. V. Epizootological state of apiaries in the south of the Tyumen region // Beekeeping. 2015. No. 7. P. 38-39.
3. Stolbova V. V. Mesostigmatic mites and their role in bee hives // Beekeeping. 2024. No. 3. P. 24-26.
4. Stolbova V. V., Stolbov V. A. Inquiline insects of the honey bee *Apis mellifera* in Western Siberia (Hymenoptera, apidae) // Journal of Hymenoptera Research. 2023. Vol. 96. P. 555-568.
5. Stolbov V.A., Stolbova V.V., Sheykin S.D. Water mites (Hydrachnidia) of temporary ponds of Western Siberia: do the composition and the structure of acarofauna change over a long period of time // Systematic & Applied Acarology. 2021. Vol. 26. No. 9. P. 1783-1792.
6. Anomalies of the eyes of worker bees in Bashkortostan / V.N. Sattarov, V.R. Tuktarov, N.F. Mukhametova, E.M. Ivantsov // Beekeeping. 2014. No. 5. P. 18-19.
7. Periods in the annual life cycle of bees / Pashaian S.A., Sidorova K.A., Kalashnikova M.V., Stolbov N.M. // Beekeeping. 2012. No. 6. P. 12-13.
8. Pashaian S.A., Sidorova K.A., Stolbov N.M. Drone hemolymph in varroatoxis // Beekeeping. 2008. No. 3. P. 31-32.
9. Domatskaia T.F., Domatskii A.N., Schnaider A.A. Method for combating varroatoxis in bees // Patent for invention RU 2294632 C2, 10.03.2007. Application No. 2005100069/13 dated 11.01.2005.
10. Domatskaia T.F. Efficiency of Tanis in varroatoxis // Beekeeping. 2012. No. 10. P. 24-25.
11. Domatskaia T.F., Domatskii A.N., Zinatullina Z.Ya. Spread of pathogens of honeybee invasions and infections in apiaries of the Tyumen Region // Bulletin of Russian Agricultural Science. 2021. No. 4. P. 70-72.
12. Skvortsov A.I. Morphotypes and some morphological changes in *Apis mellifera* in the Chuvash Republic / A.I. Skvortsov, V.N. Sattarov, V.G. Semenov // Beekeeping. 2018. No. 1. P. 19-21.
13. Glazunov Y.V., Glazunova L.A. Phenology of pasture ticks in the Trans-Urals // Indian Veterinary Journal. 2018. Vol. 95. No. 1. P. 19-22.
14. Glazunov Y. V., Glazunova L. A. Phenology of pasture ticks in the Trans-Urals // Indian Veterinary Journal. 2018. Vol. 95. No. 1. P. 19.
15. Pashayan S A, Sidorova K. A. Impact of environmental factors on the degree of spread of infectious diseases of bees // Agrarian Bulletin of the Urals. 2019. No. 12(79). P. 30.
16. Brandorf A.Z., Ivoilova M.M. Tropilaelapsosis of honey bees: prevention and treatment // Beekeeping. 2024. No. 4. P. 26-29.

Сведения об авторах

Пашаян Сусанна Арестовна, доктор биологических наук, профессор анатомии и физиологии ФГБОУ ВО «Государственный аграрный университет Северного Зауралья», тел.: +7 950488-27-99, e-mail: pashayansa@gausz.ru, ORCID 0000-0002-2058-0554

Комлацкий Василий Иванович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой частной зоотехнии и свиноводства ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет им. Трубилина», тел.: +7988242-27-89, e-mail: kubana-gro@list.ru, ORCID 0000-0002-0963-8751

Марина Викторовна Калашникова, кандидат биологических наук, доцент кафедры анатомии и физиологии ФГБОУ ВО «Государственный аграрный университет Северного Зауралья», тел.: +7909182-00 94, e-mail: kalashnikova.mv@gausz.ru, ORCID 0009-0000-9742-2397.

Саттаров Венер Нуруллович, доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой экологии, географии и природопользования ФГБОУ ВО «Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы», тел. +7987487-02-88, e-mail: wener5791@yandex.ru, ORCID 0000-0001-6331-4398.

Information about the authors

S. A. Pashaian, Doctor of Biological Sciences, Professor of Anatomy and Physiology, FSBEI HE "State Agrarian University of the Northern Trans-Urals", tel.: +7 950 488 27 99, e-mail: pashayansa@gausz.ru, ORCID 0000-0002-2058-0554.

V. I. Komlatskii, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Department of Zootechnics and Pig Breeding of the FSBEI HE "Kuban State Agrarian University named after Trubilin", tel.: +7 988 242 27 89, e-mail: kubana-gro@list.ru, ORCID 0000-0002-0963-8751.

M. V. Kalashnikova, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Anatomy and Physiology of the FSBEI HE "State Agrarian University of the Northern Trans-Urals", tel.: +7 909 182 00 94, e-mail: kalashnikova.mv@gausz.ru, ORCID 0009-0000-9742-2397.

V. N. Sattarov, Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department of Ecology, Geography and Environmental Management, FSBEI HE "Bashkir State Pedagogical University named after M. Aknulla", tel.: +7 987 487 02 88, e-mail: wener5791@yandex.ru, ORCID 0000-0001-6331-4398.

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

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

Статья поступила в редакцию 24.10.2024; одобрена после рецензирования 10.11.2024; принята к публикации 17.12.2024.

The article was submitted 24.10.2024; approved after reviewing 10.11.2024; accepted for publication 17.12.2024.

Сельскохозяйственный журнал. 2024. № 4 (17). С. 136-146
Agricultural journal. 2024; 17 (4). P. 136-146

Зоотехния и ветеринария

Научная статья

УДК: 636.32/.38.03:575

DOI: 10.48612/FARC/2687-1254/014.4.17.2024

ПРОДУКТИВНОСТЬ МОЛОДНЯКА ОВЕЦ С КРОВНОСТЬЮ ½ КАЛМЫЦКАЯ КУРДЮЧНАЯ + ½ ШАРОЛЕ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ КОМПЛЕКСНЫХ ГЕНОТИПОВ ГЕНОВ *CAST* И *GH*

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: info@fnac.center

Аннотация. Сохранение уникального генетического ресурса отечественных пород, а также оптимизация и эффективное использование хозяйственно важных качеств животных являются важными задачами современной маркерной селекции и генетики. В настоящее время востребовано применение молекулярно-генетических технологий для выбора животных с высокими показателями продуктивности. В связи с вышеизложенным целью настоящих исследований заключалась в установлении интенсивности роста молодняка овец помесей с кровностью ½ калмыцкая курдючная + ½ шароле в зависимости от комплексных генотипов генов кальпастина (*CAST*) и гормона роста (*GH*) гормона роста. Исследование было проведено на базе лаборатории иммуногенетики и ДНК-технологий отдела генетики и биотехнологии ВНИИОК - филиал ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ» с использованием метода ПЦР-ПДРФ. В качестве объекта данного исследования были выбраны овцы, разводимые в КФХ «Арл» Яшкульского районов Республики Калмыкия. Анализом полиморфизма генов *CAST* и *GH* было выявлено наличие в каждом гене: двух аллелей $CAST^M$; $CAST^N$ и GH^A и GH^B ; трёх генотипов (гомозиготные варианты – $CAST^{MM}$; $CAST^{NN}$ и GH^{AA} ; GH^{BB} и гетерозиготные – $CAST^{MN}$ и GH^{AB}). В результате подобранных генокомплексных вариантов изучаемых генов *CAST* и *GH* у родителей (баран-производитель х овцематка) доля поместного молодняка (F1) с кровностью ½ калмыцкая курдючная + ½ шароле носителей трёх желательных маркерных аллелей ($CAST^{NN}GH^{AB}$; $CAST^{MN}GH^{BB}$) двух генов составила 6,67 %, двух желательных ($CAST^{MN}GH^{AB}$; $CAST^{MM}GH^{BB}$) аллелей – 36,67 %, одной ($CAST^{MM}GH^{AB}$; $CAST^{MN}GH^{AA}$) маркерной аллелью – 56,66 %. Следовательно, изучение полиморфизма исследуемых ген-маркеров открывает новые перспективы для будущих исследований, даёт возможность более детального отбора и подбора родительских пар для проведения селекционно-племенной работы со стадами овец мясного направления продуктивности.

Ключевые слова: продуктивность, овцы, гены *CAST* и *GH*, полиморфизм, маркерные аллели.

Для цитирования: Погодаев А.В., Суржикова Е.С., Евлагина Д.Д. Продуктивность молодняка овец с кровностью $\frac{1}{2}$ калмыцкая курдючная + $\frac{1}{2}$ шароле в зависимости от комплексных генотипов генов *CAST* и *GH* // Сельскохозяйственный журнал. 2024. № 4 (17). С. 136-146. DOI: 10.48612/FARC/2687-1254/014.4.17.2024

Zootechny and veterinary science

Original article

PRODUCTIVITY OF YOUNG SHEEP WITH A BLOODLINE OF $\frac{1}{2}$ KALMYK FAT-TAILED + $\frac{1}{2}$ CHAROLLAIS DEPENDING ON THE COMPLEX GENOTYPES OF THE *CAST* AND *GH* GENES

Vladimir A. Pogodaev, Evgeniia S. Surzhikova, Daria D. Evlagina

FSBSI “North Caucasus Federal Agricultural Research Center”, 356241, Stavropol Territory, Shpakovsky district, Mikhailovsk, st. Nikonova, 49. E-mail: info@fnac.center

Abstract. The preservation of the unique genetic resource of native breeds, as well as the optimization and effective use of economically important traits of animals are important tasks of modern marker selective breeding and genetics. Currently, the use of molecular genetic technologies is in demand for the selection of animals with high productivity characteristics. In connection with the above, the purpose of these studies was to establish the growth rate of young sheep of crossbreeds with a bloodline of $\frac{1}{2}$ Kalmyk fat-tailed + $\frac{1}{2}$ Charollais depending on the complex genotypes of the genes calpastatin (*CAST*) and growth hormone (*GH*). The study was conducted on the basis of the Laboratory of Immunogenetics and DNA technologies of the Department of Genetics and Biotechnology of All-Russian Research Institute of Sheep and Goat Breeding – a branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution “North Caucasus Federal Agricultural Research Center” using the PCR- RFLP method. The object of this study was sheep, which were bred in the peasant farm “Arl” in the Yashkulsky District of the Republic of Kalmykia. Analysis of the polymorphism of the *CAST* and *GH* genes revealed the presence in each gene: two alleles of $CAST^M$; $CAST^N$ and GH^A and GH^B ; three genotypes (homozygous variants – $CAST^{MM}$; $CAST^{NN}$ and GH^{AA} ; GH^{BB} and heterozygous – $CAST^{MN}$ and GH^{AB}). As a result of the selected gene complex variants of the studied *CAST* and *GH* genes, in parents (stud ram x ewe) the proportion of crossbred young animals (F1) with a bloodline of $\frac{1}{2}$ Kalmyk fat-tailed + $\frac{1}{2}$ Charollais carriers of three desirable marker alleles ($CAST^{NN}GH^{AB}$; $CAST^{MN}GH^{BB}$) of two genes was 6,67%, two desirable ($CAST^{MN}GH^{AB}$; $CAST^{MM}GH^{BB}$) alleles – 36,67%, one ($CAST^{MM}GH^{AB}$; $CAST^{MN}GH^{AA}$) marker allele – 56,66%. Consequently, the study of the polymorphism of the studied gene markers opens up new prospects for future research, provides the opportunity for more detailed selection of parental pairs for conducting selective breeding work with herds of meat sheep.

Keywords: productivity, sheep, *CAST* and *GH* genes, polymorphism, marker alleles.

For citation: Pogodaev A.V., Surzhikova E.S., Evlagina D.D. Productivity of young sheep with a bloodline of $\frac{1}{2}$ Kalmyk fat-tailed + $\frac{1}{2}$ Charollais depending on the complex genotypes of the *CAST* and *GH* genes // Agricultural Journal. 2024. No. 17 (4). P. 136-146. DOI: 10.48612/FARC/2687-1254/014.4.17.2024

Введение. На сегодняшний день основными направлениями развития животноводства являются улучшение племенных и продуктивных характеристик сельскохозяйственных животных. Ключевая задача агропромышленного комплекса заключается в улучшении существующего генофонда высокопродуктивных особей, путём совершенствования селекционно-племенной работы [1, 2].

Для увеличения производства баранины становится необходимым увеличить генетический запас овец, отличающихся ранним созреванием и высокой мясной продуктивностью [3, 4]. Всё большее количество исследований направлено на поиск путей получения высококачественной молодой баранины с минимальными экономическими и трудовыми затратами. Целенаправленный отбор родительских особей и их скрещивание сможет являться катализатором прогресса и повышения эффективности животноводства [5].

Многие учёные утверждают, что скрещивание пород овец с различными направлениями продуктивности приводит к улучшению адаптивных качеств и продуктивности потомства [6]. В литературе есть данные, что гибридное потомство демонстрирует более высокие продуктивные показатели по сравнению с их чистокровными собратьями, кроме того, такие гибриды обладают обширным наследственным потенциалом в отношении хозяйственно ценных признаков и адаптивных способностей [7, 8, 9, 10].

В разведении сельскохозяйственных животных важно использовать современные методы маркерной селекции. Метод ДНК-генотипирования предоставляет возможность анализа наследственных признаков на молекулярном уровне, что имеет ключевое значение в условиях крупномасштабной селекции, когда от одного производителя получают большое количество потомков [11, 12].

Перспективными и распространёнными генами, затрагивающие мясные качества, являются: кальпастанин (*CAST*) и гормон роста (*GH*). Анализ литературных данных позволил определить, что у гена кальпастанин (*CAST*) селекционно-значимой желательной аллелью является N – аллель, тогда как у гена гормон роста (*GH*) – В аллель [13, 14, 15, 16]. Аллели представляют собой различные варианты одного и того же гена, которые находятся в аналогичных участках парных хромосом. Они отличаются по своей нуклеотидной последовательности. В зависимости от того, какие аллели были унаследованы, организм может быть гомозиготным (если оба родителя передали идентичные аллели) или гетерозиготным (если отца и матери были унаследованы разные аллели). Понимание этих генетических механизмов позволяет селекционерам выявлять животных с желательными аллелями и ускорять селекционный процесс. Индивидуальный подход к вопросам отбора, подбора с учётом как фенотипических признаков, так и генетических маркеров позволит вести наблюдение за передачей наследственного материала потомству.

В связи с этим **цель исследования** заключалась в установлении интенсивности роста молодняка овец помесей с кровностью $\frac{1}{2}$ калмыцкая курдючная + $\frac{1}{2}$ шароле в зависимости от комплексных генотипов генов кальпастанина (*CAST*) и гормона роста (*GH*).

Материал и методы исследований. В качестве объекта данного исследования были выбраны овцы, разводимые в КФХ «Арл» Яшкульского района Республики Калмыкия. Исследования по ДНК-генотипированию проводились на базе лаборатории иммуногенетики и ДНК-технологий отдела генетики и биотехнологии ВНИИОК - филиал ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ». ДНК была выделена из цельной крови овец (молодняка помесей с кровностью $\frac{1}{2}$ калмыцкая курдючная + $\frac{1}{2}$ шароле) ($n = 30$) с исполь-

зованием коммерческого набора «DIAtomtmDNAprep100». Генотипирование осуществлялось по генам *CAST* и *GH* с применением метода ПЦР-ПДРФ, при этом использовались стандартные наборы реагентов в соответствии с методическими рекомендациями [9].

Результаты исследований и их обсуждение. В ранее проведённых исследованиях методом ПЦР-ПДРФ были прогенотипированы чистопородные бараны-производители породы шароле разводимые в КФХ «Арл» Яшкульского района Республики Калмыкия. У двух особей было выявлено присутствие желательных маркерных аллелей по генам кальпастина (*CAST*) и гормона роста (*GH*). Носителем трёх желательных аллелей ($CAST^{NN}GH^{AB}$) по двум генам *CAST* и *GH* является баран-производитель № 1524, а у второго барана-производителя № 1773 имеющего $CAST^{MM}GH^{BB}$ генокомплекс, выявлено только две желательные маркерные аллели в гене гормона роста. Сравнительный анализ показал, что наибольшей живой массой (81,4 кг) отличался баран-производитель № 1524 носитель комплексного ($CAST^{MM}GH^{BB}$) генотипа и по данному показателю он превосходит барана № 1773 ($CAST^{NN}GH^{AB}$) – на 2,8 %, при весе 79,2 кг.

После проведённых исследований данные бараны-производители породы шароле были выбраны для скрещивания с овцематками калмыцкой курдючной породы ($n = 30$), разводимых в этом же хозяйстве.

Методами генетико-статистического анализа в исследуемой выборке овцематок калмыцкой курдючной породы определены и подобраны комплексные генотипы по изучаемым генам *CAST*, *GH*. Доля овцематок-носителей комплексных генотипов калмыцкой курдючной породы, включающих одну желательную маркерную аллель ($CAST^{MN}GH^{AA}$; $CAST^{MM}GH^{AB}$) двух генов составила 30,0 % (9 животных), две желательные ($CAST^{MN}GH^{AB}$; $CAST^{MM}GH^{AB}$) аллели двух генов – 16,66 % (5 животных). Наиболее часто (53,34 % или 16 животных) встречались животные-носители гомозиготного $CAST^{MM}GH^{AA}$ генокомплекса не имеющие ни одной желательной аллели (рисунок 1).



Рисунок 1. Частота встречаемости овцематок-носителей комплексных генотипов калмыцкой курдючной породы

Figure 1. Frequency of occurrence of ewes, carrying complex genotypes of the Kalmyk fat-tailed breed

По результатам проведенного скрещивания был получен разнополый помесный молодняк (F1) с кровностью $\frac{1}{2}$ калмыцкая курдючная + $\frac{1}{2}$ шароле, у которого также

было определено присутствие в генах *CAST*, *GH* желательных маркерных $CAST^N$ и GH^B аллелей, ассоциирующих с высокой мясной продуктивностью (таблица 1).

Таблица 1

Варианты подбора родительских пар в зависимости от генотипов по генам *CAST*, *GH* в популяции овец калмыцкой курдючной породы (♀) и шароле (♂)

Table 1

Variants for selection of parental pairs depending on genotypes for the *CAST*, *GH* genes in the population of Kalmyk fat-tailed sheep (♀) and Charollais (♂)

Отец, ♂ Генокомплекс (баран-производитель)	Мать, ♀ (овцематки, n=30)			Генокомплекс потомков, (n=30)
	Генокомплекс	Число желательных аллелей/генов	%	
$CAST^{MM}GH^{BB}$ (№ 1524)	$CAST^{MM}GH^{BB}$ (n = 1)	2/2	13,33	$CAST^{MN}GH^{BB}$ (♂), (n = 1)
	$CAST^{MN}GH^{AB}$ (n = 3)			$CAST^{MM}GH^{BB}$ (♂) и (♀), (n = 2)
	$CAST^{MN}GH^{AA}$ (n = 3)	1/2	10,00	$CAST^{MN}GH^{AB}$ (♂), (n = 1)
	$CAST^{MM}GH^{AA}$ (n = 8)			$CAST^{MN}GH^{AB}$ (♂), (n = 1)
$CAST^{NN}GH^{AB}$ (№ 1773)	$CAST^{MN}GH^{AB}$ (n = 1)	2/2	3,33	$CAST^{MN}GH^{AB}$ (♂), (n = 1)
	$CAST^{MM}GH^{AB}$ (n = 6)	1/2	20,00	$CAST^{MN}GH^{AB}$ (♂) и (♀), (n = 4)
	$CAST^{MM}GH^{AA}$ (n = 8)			$CAST^{MN}GH^{AA}$ (♂) и (♀), (n = 2)
		0/2	26,67	$CAST^{MN}GH^{AB}$ (♂) и (♀), (n = 3)
				$CAST^{MN}GH^{AA}$ (♀), (n = 5)

При анализе результатов полиморфизма генов кальпастатина (*CAST*) и гормона роста (*GH*) у помесного молодняка (F1) с кровностью ½ калмыцкая курдючная + ½ шароле была определена низкая (0,32 и 0,43) частота встречаемости желательных $CAST^N$ и GH^B аллелей, что почти в два раза меньше по сравнению с высокой (0,68) частотой встречаемости аллелей $CAST^M$, в 1,3 раза аллеля GH^A (0,57) (рисунок 2, 3).

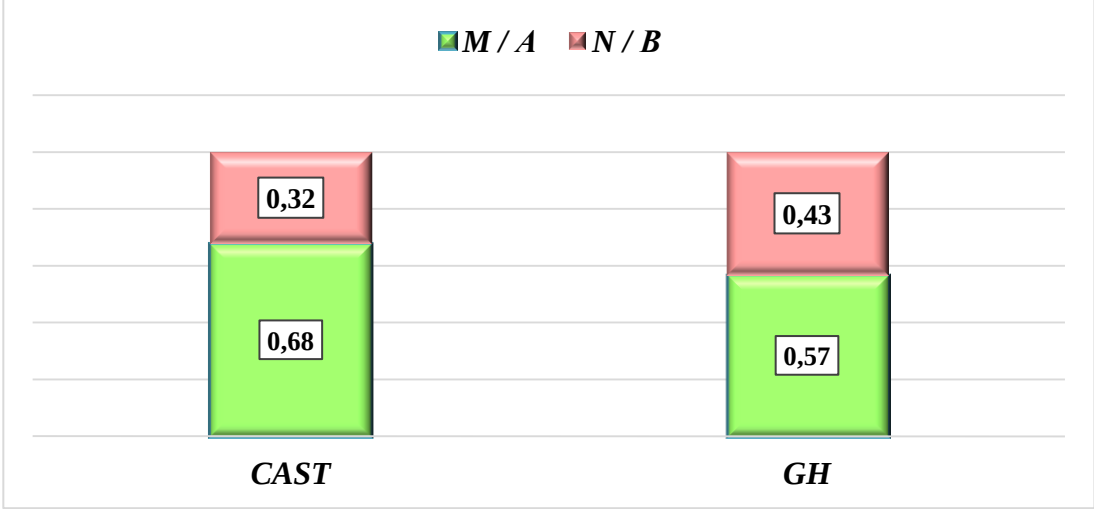


Рисунок 2. Частота встречаемости аллелей генов *CAST*, *GH* у помесного молодняка (F1) с кровностью ½ калмыцкая курдючная + ½ шароле, (n = 30)

Figure 2. Frequency of occurrence of alleles of the *CAST*, *GH* genes in crossbred young animals (F1) with a bloodline of ½ Kalmyk fat-tailed + ½ Charollais, (n = 30)

Наибольшая концентрация аллелей $CAST^M$ (0,68) и GH^A (0,57) генов $CAST$ и GH в исследуемой выборке помесного молодняка (F1) с кровностью $\frac{1}{2}$ калмыцкая курдючная + $\frac{1}{2}$ шароле обеспечила 40,0 (12 животных) и 23,3 % (7 животных) гомозиготных $CAST^{MM}$; GH^{AA} вариантов и гетерозиготных $CAST^{MN}$ и GH^{AB} генотипов - 56,7 (17 животных) и 66,7 % (20 животных). Частота желательных гомозиготных вариантов $CAST^{NN}$ и GH^{BB} генотипов составила: 3,3 (1 животное) и 10,0 % (3 животных).

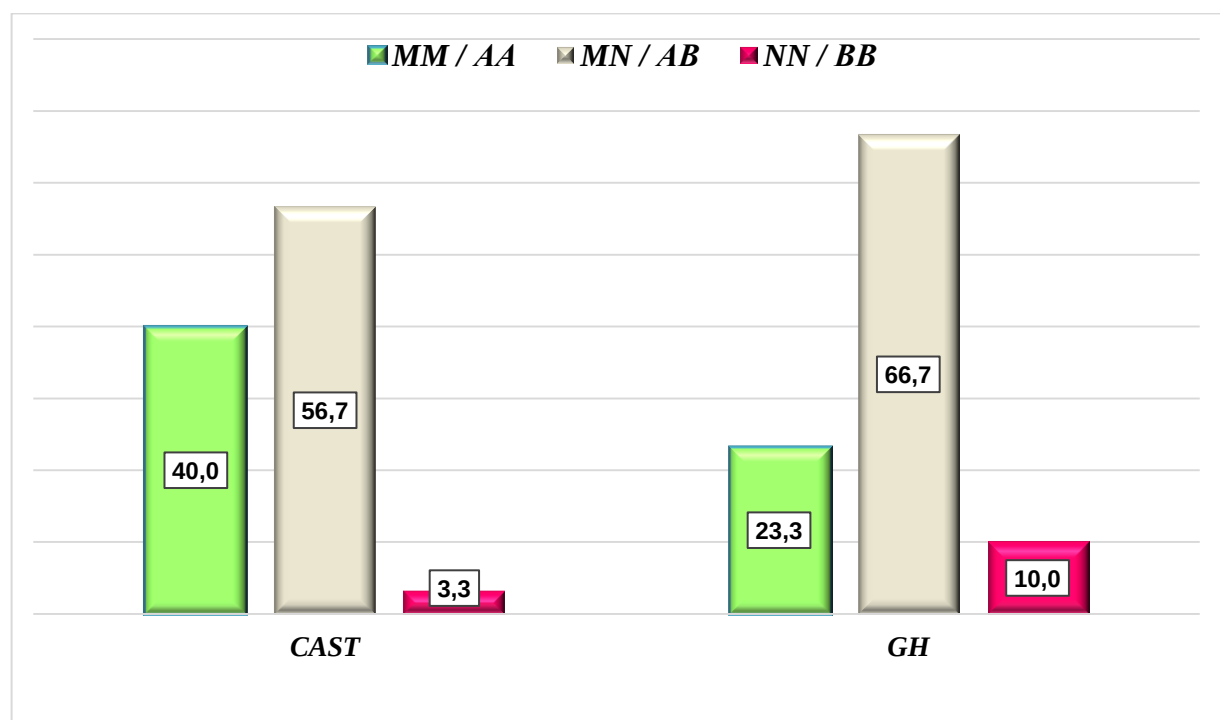


Рисунок 3. Частота встречаемости генотипов генов $CAST$, GH у помесного молодняка (F1) с кровностью $\frac{1}{2}$ калмыцкая курдючная + $\frac{1}{2}$ шароле, (n = 30)

Figure 3. Frequency of occurrence of genotypes of $CAST$, GH genes in crossbred young animals (F1) with a bloodline of $\frac{1}{2}$ Kalmyk fat-tailed + $\frac{1}{2}$ Charollais, (n = 30)

Уровень полиморфности, характеризующий число активно действующих аллелей в исследуемой популяции составил по генам кальпастанин ($CAST$) – 1,76, гормон роста (GH) – 1,96. Концентрация желательных аллелей составила: $CAST^N$ – 0,6; GH^B – 0,7.

Доля помесного молодняка (F1) с кровностью $\frac{1}{2}$ калмыцкая курдючная + $\frac{1}{2}$ шароле носителей трёх желательных маркерных аллелей ($CAST^{NN}GH^{AB}$; $CAST^{MN}GH^{BB}$) двух генов составила 6,67 % (2 животных), двух желательных ($CAST^{MN}GH^{AB}$; $CAST^{MM}GH^{BB}$) аллелей – 36,66 % (11 животных), одной ($CAST^{MM}GH^{AB}$; $CAST^{MN}GH^{AA}$) маркерной аллелью – 56,67 % (17 животных) (таблица 2).

Таблица 2

Показатели живой массы молодняка (F1) с кровностью $\frac{1}{2}$ калмыцкая курдючная + $\frac{1}{2}$ шароле, при различном варианте подбора родителей в зависимости от генотипов генов *CAST* и *GH*, (n=30)

Table 2

Live weight parameters of young animals (F1) with a bloodline of $\frac{1}{2}$ Kalmyk fat-tailed + $\frac{1}{2}$ Charollais, with different variants for selecting parents depending on the genotypes of the *CAST* and *GH* genes, (n = 30)

Генокомплекс	Число желательных аллелей/ генов	%	Живая масса, кг		Среднесуточный прирост, г
			при рождении	8 месяца	
Баранчики, ♂ (n = 11)					
<i>CAST^{MN}GH^{BB}</i> (n = 1)	3/2	6,67	4,30	43,90	165,00
<i>CAST^{NN}GH^{AB}</i> (n = 1)			4,26	43,40	163,08
<i>CAST^{MN}GH^{AB}</i> (n = 4)	2/2	16,66	4,00±0,34	42,27±0,87	159,46
<i>CAST^{MM}GH^{BB}</i> (n = 1)			3,96	42,10	158,92
<i>CAST^{MM}GH^{AB}</i> (n = 3)	1/2	13,33	3,84±0,28	41,43±0,97	156,62
<i>CAST^{MN}GH^{AA}</i> (n = 1)			3,79	40,43	153,08
Ярочки, ♀ (n = 19)					
<i>CAST^{MN}GH^{AB}</i> (n = 5)	2/2	20,00	3,97±0,58	38,66±1,21	144,54
<i>CAST^{MM}GH^{BB}</i> (n = 1)			3,88	38,44	144,00
<i>CAST^{MM}GH^{AB}</i> (n = 7)	1/2	43,34	3,57±0,34	37,35±1,34	140,75
<i>CAST^{MN}GH^{AA}</i> (n = 6)			3,46±0,73	36,93±1,27	139,46

Изучив продуктивные показатели поместного молодняка овец (F1) с кровностью $\frac{1}{2}$ калмыцкая курдючная + $\frac{1}{2}$ шароле было выявлено, что живая масса ягнят носителей одного селекционно-значимого аллеля с комплексными вариантами *CAST^{MN}GH^{AA}* и *CAST^{MM}GH^{AB}* находилась в диапазоне при рождении: у баранчиков от 3,79 до 3,84 кг, ярок – от 3,46 до 3,57 кг. Животные носители двух (*CAST^{MN}GH^{AB}*, *CAST^{MM}GH^{BB}*) и трёх (*CAST^{NN}GH^{AB}* и *CAST^{MN}GH^{BB}*) желательных аллелей до 4,00 – 4,30 кг (баранчики) и 3,88 - 3,97 кг (ярок). В 8 месяцев отмечается аналогичная тенденция – у баранчиков живая масса в диапазоне 40,43 – 41,43 кг и у ярок от 36,93 – 37,35 кг носителей одной значимой аллелей и от 42,10 – 43,90 кг (баранчики) и 38,44 – 38,66 кг (ярок) – два и три аллеля. Среднесуточный прирост у ягнят носителей двух и трёх желательных аллелей генов *CAST* и *GH* варьировался от 144,00 до 165,00 г.

Закключение. В ходе проведенных лабораторных исследований был определён аллельный спектр генов *CAST* и *GH* у помесного молодняка (F1) овец с кровностью $\frac{1}{2}$ калмыцкая курдючная + $\frac{1}{2}$ шароле. В результате подобраны генокомплексные варианты изучаемых генов *CAST* и *GH* у родителей (баран-производитель х овцематка) доля поместного молодняка (F1) с кровностью $\frac{1}{2}$ калмыцкая курдючная + $\frac{1}{2}$ шароле носителей трёх желательных маркерных аллелей (*CAST^{NN}GH^{AB}*; *CAST^{MN}GH^{BB}*) двух генов составила 6,67 % (2 животных), двух желательных (*CAST^{MN}GH^{AB}*; *CAST^{MM}GH^{BB}*) аллелей – 36,67 % (11 животных), одной (*CAST^{MM}GH^{AB}*; *CAST^{MN}GH^{AA}*) маркерной аллелью – 56,66 %. Отмечено, что животные-носители двух и трёх селекционно-значимых желательных аллелей имели большую живую массу в сравнении с животными с одной предпочтительной аллелью.

Систематическое наблюдение за данными селекционно-племенной ценности животных, подбор родительских пар с учётом продуктивности, а также анализ роста и развития, составляют фундамент животноводческой отрасли. Применение современных молекулярно-генетических технологий и статистической обработки информации о животных позволяет быстро получать данные, необходимые для работы в области селекции и племенной деятельности.

Список источников

1. Племенному животноводству-инновационные, молекулярно-генетические, биотехнические технологии и современные кадры / И.Д. Арнаутовский, Р.Л. Шарвадзе, В. А. Гоголов, Е. В. Талалай // Дальневосточный аграрный вестник. 2017. № 3(43). С. 84-91.
2. Изучение и проведение ДНК-тестирования сельскохозяйственных животных по генам, определяющим продуктивные качества: методические рекомендации / З.К. Гаджиев, Е.С. Суржикова, Т.Н. Михайленко, Д.Д. Евлагина – Ставрополь: Общество с ограниченной ответственностью фирма "Ставрополь-сервис-школа", 2022. 78 с. ISBN 978-5-6048650-3-3.
3. Полиморфизм генов CAST, GH, GDF9 овец дагестанской горной породы / А.А. Оздемиров, Л.Н. Чиждова, А.А. Хожиков, Е.С. и др. // Юг России: экология, развитие. 2021. Т. 16. № 2. С. 39–44. <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2021-2-39-44>.
4. Association of the growth hormone gene polymorphism with growth traits in Salsk sheep breed / I.F. Gorlov, N.V. Shirokova, M.I. Slozhenkina et al. Small Ruminant Research. 2017; 150: P. 11-14. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2017.02.019>.
5. Growth Hormone (GH) Gene Polymorphism and Its Association with Meat Productivity in Two Rough Wool Sheep Breeds Grown in Russia's Dry Zone / I.F. Gorlov, N.V. Shirokova, M.I. Slozhenkina et al. International Journal of Agriculture and Biology. 2021; 25(1): 255-259. <https://doi.org/10.17957/IJAB/15.1664>.
6. Погодаев В.А., Кононова Л.В., Адучиев Б.К. Полиморфизм генов кальпастина и соматотропина у овец калмыцкой курдючной породы и помесей (1/2 калмыцкая курдючная + 1/2 дорпер) // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 3(47). С. 141–145. DOI 10.18286/1816-4501-2019-3-141-145.
7. Аллельный спектр генов GDF9/BSTN1, CAST/ MSPI, GH/HAЕIII у овец калмыцкой курдючной породы и помесей с кровностью 1/2 дорпер + 1/2 калмыцкая курдючная / В.А. Погодаев, Е.С. Суржикова, Д.Д. Евлагина, А.Н. Арилов // Аграрный научный журнал. 2023. № 7. С. 81 – 85. <https://doi.org/10.28983/asj.y2023i7pp81-85>.
8. Погодаев, В. А. Полиморфизм комплексных генотипов генов CAST, GH, GDF9 у баранов породы шароле и молодняка с кровностью 1/2 калмыцкая курдючная × 1/2 шароле в зависимости от живой массы и экстерьерных показателей / В. А. Погодаев, Е.С. Суржикова, Д.Д. Евлагина // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2023. № 5 (103). С. 332-339. DOI 10.37670/2073-0853-2023-103-5-332-339.
9. Погодаев В.А., Сергеева Н.В. Результативность скрещивания овцематок ставропольской породы с помесными баранами (1/2 калмыцкая курдючная + 1/2 дорпер) //

- Овцы, козы, шерстяное дело. 2022. № 2. С. 28–32. DOI 10.26897/2074-0840-2022-2-28-32.
10. Features of polymorphism of calpastatin and somatotropin genes in young sheep, obtained from crossing ewes of Kalmyk fat-rumped sheeps and dorper rams / V. Pogodaev, L. Kononova, B. Aduchiev et al. // E3S Web of Conferences: 13, Rostov-on-Don, 26–28 февраля 2020 года. Rostov-on-Don, 2020. P. 03020. <https://doi.org/1051e3sconf/202017503020>.
 11. Суров А.И., Гаджиев З.К., Суржикова Е.С. Особенности полиморфизма генов GH-HaeIII, CAST-MspI у овец разных пород // Аграрный научный журнал. 2022. № 7. С. 81–84. <https://doi.org/10.28983/asj.y2022i7pp81-84>.
 12. Polymorphism of the Ovine Calpastatin (CAST) gene and its association with productive traits in Nellore sheep / B. Ramadevi, B.P. Kumari, K. Sudhakar et al. Journal of Animal Research. 2020; 10(6): 881-887. <https://doi.org/10.30954/2277-940X.06.2020.4>.
 13. Оздемиров А.А., Суров А.И., Суржикова Е.С. Полиморфизм генов GH/HaeIII и GDF9/AspI, генетическая изменчивость, ассоциация их генотипов с иммунным статусом у овец разных пород, разводимых в различных природно-географических зонах // Юг России: экология, развитие. 2022. Т. 17, № 3 (64) С. 78–84. <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2022-3-78-84>.
 14. Полиморфизм гена гормона роста (GH) у овец разных пород Юга России / З.К. Гаджиев, В.А. Погодаев, Е.С. Суржикова, Д.Д. Евлагина // Сельскохозяйственный журнал. 2024. № 2(17). С. 62-71. DOI 10.48612/FARC/2687-1254/006.2.17.2024.
 15. Ассоциация однонуклеотидных полиморфизмов в генах GH, CAST, GDF9 с показателями живой массы овец разных пород / З. К. Гаджиев, Е. С. Суржикова, Д. Д. Евлагина [и др.] // Аграрный научный журнал. 2024. № 8. С. 67-72. DOI 10.28983/asj.y2024i8pp67-72.
 16. Влияние аллельного спектра гена GH/HAЕIII на рост и развитие мясошерстных овец / Е. С. Суржикова, О. Н. Онищенко, Е. Н. Чернобай [и др.] // Главный зоотехник. 2023. № 10(243). С. 26-33. DOI 10.33920/sel-03-2310-03.

References

1. Innovative, molecular genetic, biotechnical technologies and modern personnel for livestock breeding / I. D. Arnautovskii, R. L. Sharvadze, V. A. Gogulov, E. V. Talalai // Far East agrarian herald. 2017. No. 3(43). P. 84-91.
2. Studying and conducting DNA testing of farm animals based on genes that determine productive qualities: methodological recommendations / Z.K. Gadzhiev, E.S. Surzhikova, T.N. Mikhailenko, D.D. Evlagina – Stavropol: Stavropol-service-school LLC, 2022. 78 p. ISBN 978-5-6048650-3-3.
3. Polymorphism of CAST, GH, GDF9 genes of Dagestan mountain sheep breed / A.A. Ozdemirov, L.N. Chizhova, A.A. Khozhokov, E.S. Surzhikova // South of Russia: ecology, development. 2021. Vol. 16. No. 2. P. 39-44. // doi.org/10.18470/1992-1098-2021-2-39-44
4. Association of the growth hormone gene polymorphism with growth traits in Salsk sheep breed / I.F. Gorlov, N.V. Shirokova, M.I. Slozhenkina et al. Small Ruminant Research. 2017; 150: P. 11-14. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2017.02.019>.

5. Growth Hormone (GH) Gene Polymorphism and Its Association with Meat Productivity in Two Rough Wool Sheep Breeds Grown in Russia's Dry Zone / I.F. Gorlov, N.V. Shirokova, M.I. Slozhenkina et al. *International Journal of Agriculture and Biology*. 2021; 25(1): 255-259. <https://doi.org/10.17957/IJAB/15.1664>.
6. Pogodaev V.A., Kononova L.V., Aduchiev B.K. Polymorphism of calpastatin and somatotropin genes in sheep of the Kalmyk fat-tailed breed and crossbreeds (1/2 Kalmyk fat-tailed + 1/2 Dorper) // *Vestnik of the Ulyanovsk State Agricultural Academy*. 2019. No. 3(47). P. 141-145. DOI 10.18286/1816-4501-2019-3-141-145.
7. Allelic spectrum of the GDF9/BSTHH1, CAST/MSPI, GH/HAEIII genes in Kalmyk fat-tailed sheep and crossbreeds with bloodline of 1/2 Dorper + 1/2 Kalmyk fat-tailed / V.A. Pogodaev, E.S. Surzhikova, D.D. Evlagina, A.N. Arilov // *Agrarian Scientific Journal*. 2023. No. 7. P. 81 – 85. <https://doi.org/10.28983/asj.y2023i7pp81-85>.
8. Pogodaev, V. A. Polymorphism of complex genotypes of the CAST, GH, GDF9 genes in Charollais rams and young animals with the bloodline of 1/2 Kalmyk fat-tailed × 1/2 Charollais depending on live weight and exterior characteristics / V. A. Pogodaev, E. S. Surzhikova, D. D. Evlagina // *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2023. No. 5 (103). P. 332-339. DOI 10.37670/2073-0853-2023-103-5-332-339.
9. Pogodaev V. A., Sergeeva N. V. Effectiveness of crossing ewes of Stavropol breed with crossbred rams (1/2 Kalmyk fat-tailed + 1/2 Dorper) // *Sheep, goats, wool business*. 2022. No. 2. P. 28–32. DOI 10.26897/2074-0840-2022-2-28-32.
10. Features of polymorphism of calpastatin and somatotropin genes in young sheep, obtained from crossing ewes of Kalmyk fat-rumped sheeps and dorper rams / V. Pogodaev, L. Kononova, B. Aduchiev et al. // *E3S Web of Conferences*: 13, Rostov-on-Don, 26–28 February 2020. Rostov-on-Don, 2020. P. 03020. <https://doi.org/10.51e3sconf/202017503020>.
11. Surov A.I., Gadzhiev Z.K., Surzhikova E.S. Polymorphism characteristics of the GH-HaeIII, CAST-MspI genes in sheep of different breeds // *Agrarian Scientific Journal*. 2022. No. 7. P. 81–84. <https://doi.org/10.28983/asj.y2022i7pp81-84>
12. Polymorphism of the Ovine Calpastatin (CAST) gene and its association with productive traits in Nellore sheep / B. Ramadevi, B.P. Kumari, K. Sudhakar et al. *Journal of Animal Research*. 2020; 10(6): 881-887. <https://doi.org/10.30954/2277-940X.06.2020.4>.
13. Ozdemirov A.A., Surov A.I., Surzhikova E.S. Polymorphism of the GH/HaeIII and GDF9/AspEI genes, genetic variability, association of their genotypes with the immune status in sheep of different breeds bred in different natural and geographical zones // *South of Russia: ecology, development*. 2022. Vol. 17, No. 3 (64) P. 78–84. <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2022-3-78-84>.
14. Polymorphism of the growth hormone (GH) gene in sheep of different breeds in the South of Russia / Z.K. Gadzhiev, V.A. Pogodaev, E.S. Surzhikova, D.D. Evlagina // *Agricultural Journal*. 2024. No. 2 (17). P. 62-71. DOI 10.48612/FARC/2687-1254/006.2.17.2024.
15. Association of single nucleotide polymorphisms in the GH, CAST, GDF9 genes with live weight parameters of sheep of different breeds / Z. K. Gadzhiev, E. S. Surzhikova, D. D. Evlagina [et al.] // *Agrarian Scientific Journal*. 2024. No. 8. P. 67-72. DOI 10.28983/asj.y2024i8pp67-72.

16. Influence of the allelic spectrum of the GH/HAЕIII gene on the growth and development of wool-and-meat producing sheep / E. S. Surzhikova, O. N. Onishchenko, E. N. Chernobai [et al.] // Head of Animal Breeding. 2023. No. 10(243). P. 26-33. DOI 10.33920/sel-03-2310-03.

Сведения об авторах

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

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

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

Статья поступила в редакцию 26.11.2024; одобрена после рецензирования 05.12.2024; принята к публикации 17.12.2024.

The article was submitted 26.11.2024; approved after reviewing 05.12.2024; accepted for publication 17.12.2024.

Погодаев А.В., Суржикова Е.С., Евлагина Д.Д.

Сельскохозяйственный журнал. 2024. № 4 (17). С. 147-159
Agricultural journal. 2024; 17 (4). P. 147-159

Зоотехния и ветеринария

Научная статья

УДК: 636.234.1

DOI: 10.48612/FARC/2687-1254/015.4.17.2024

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПОПУЛЯЦИИ ГОЛШТИНСКОГО СКОТА МЕТОДОМ ГЛАВНЫХ КОМПОНЕНТ

Наталья Владимировна Сулыга, Константин Александрович Катков,

Галина Петровна Ковалева, Владимир Адольфович Витол

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение

«Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр»,

Ставропольский край, Михайловск, Россия, e-mail: info@fnac.center

Аннотация. В настоящее время все актуальнее становится так называемая индексная селекция, однако существует известный факт, что тот или иной признак в конкретной популяции может быть проявлен в различной степени, поэтому более корректным и перспективным направлением селекции будет разработка способов оценки животных, учитывающих особенности конкретного стада. Целью исследований, представленных в статье, являлась сравнительная оценка методом главных компонент коров голштинской породы с учетом генеалогической и генетической принадлежности. В 2022 году на основании данных племенного учета «Селекс-Россия» были отобраны коровы ООО «Чапаевское» с учетом их генеалогической (три линии) и генетической принадлежности (по три быка в каждой линии). Всего было сформировано девять групп по пятнадцать голов. Далее были определены двадцать признаков, использованных нами для сравнительной оценки животных, – основные показатели продуктивности и воспроизводительных способностей за две лактации. При расчете комплексного числового показателя (КЧП) были определены восемь компонент, средние показатели которых нами и использовались в сравнительной оценке генеалогических и генетических групп КЧП. Установлено, что разброс показателей в группах с учетом их принадлежности к быку-производителю достаточно небольшой ($\lim=0,063-0,071$), однако по совокупности признаков наилучшими результатами обладали быки под номерами 125167552, 125571728, 125932660, принадлежащие линии Вис Бек Айдиал. При этом вариабельность результатов по линиям находилась в пределах $0,065-0,0694$, что также говорит о консолидации признаков в изучаемой популяции скота. На основании проведения однофакторного дисперсионного анализа было установлено влияние на изучаемые признаки таких факторов, как принадлежность к линии и конкретной генетической группе.

Ключевые слова: молочный скот, голштинская порода, комплексный числовой показатель, метод главных компонент.

Для цитирования: Сулыга Н.В., Катков К.А., Ковалева Г.П., Витол В.А. Сравнительный анализ популяции голштинского скота методом главных компонент // Сельскохозяйственный журнал. 2024. № 4 (17). С. 147-159.

DOI: 10.48612/FARC/2687-1254/015.4.17.2024

Zootechny and veterinary science

Original article

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE HOLSTEIN CATTLE POPULATION BY THE METHOD OF PRINCIPAL COMPONENTS**Natalia V. Sulyga, Konstantin A. Katkov, Galina P. Kovaleva, Vladimir A. Vitol**

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

Abstract. Nowadays, the so-called index selection is becoming more and more relevant. However, it is a well-known fact that one trait in a particular population can be manifested to varying degrees. Therefore, a more correct and promising direction of breeding will be the development of methods for evaluating animals that take into account the characteristics of a particular herd. The purpose of the research presented in the article was a comparative evaluation by the method of principal components of Holstein cows, taking into account genealogy and genetic affiliation. In 2022 based on the data of the “Selex-Russia” pedigree recording, the cows of ООО “Chapaevskoe” were selected, taking into account their genealogical (3 lines) and genetic affiliation (3 bulls in each line). In total, 9 groups of 15 head were formed. Next, 20 traits were identified, which we used for a comparative evaluation of animals – the main parameters of productivity and reproductive capacities for 2 lactation periods. When calculating the complex index (CI), 8 components were identified, the average values of which we used in the comparative evaluation of genealogical and genetic groups of CI. It was found that the spread of parameters in the groups, taking into account their belonging to the servicing bull, is quite small ($\lim=0,063-0,071$), however, according to the set of traits, the bulls number 125167552, 125571728, 125932660, which belonged to the Vis Beck Ideal line, had the best results. At the same time, the variability of the results along the lines was in the range of 0,065–0,0694. This also indicates the consolidation of traits in the studied livestock population. On the basis of a single-factor analysis of variance, the influence of factors such as belonging to a line and to a specific genetic group on the studied traits was established.

Keywords: dairy cattle, Holstein breed, complex index, method of principal components.

For citation: Sulyga N. V., Katkov K. A., Kovaleva G. P., Vitol V.A. Comparative analysis of the Holstein cattle population by the method of principal components // Agricultural Journal. 2024. No. 17 (4). P. 147-159. DOI: 10.48612/FARC/2687-1254/015.4.17.2024

Введение. Национальная продовольственная безопасность страны напрямую зависит от увеличения объемов производства основных продуктов питания. Производство молока напрямую зависит от генетического потенциала популяции молочного скота, и интенсификация данной отрасли невозможна без корректировки селекционно-племенной работы. Отбор и подбор животных желательных генотипов с целью получения высокопродуктивного потомства являются базовыми инструментами селекции, поэтому разработка новых способов оценки молочного скота представляет определенный практический интерес [1–3].

При селекционной работе с молочным скотом учитывается множество признаков отбора: продуктивность, качественные показатели молока, воспроизводительные способности, особенности экстерьера и т.д.[4, 5]. И если ранее отбор осуществлялся лишь по нескольким признакам, то в настоящее время все актуальнее становится так называемая индексная селекция. Рассчитываемые индексы зачастую включают в себя множество признаков, связанных между собой опосредованно [6–8], однако существует известный факт, что тот или иной признак в конкретной популяции может быть проявлен в различной степени, поэтому более корректным и перспективным направлением селекции будет разработка способов оценки животных, учитывающих особенности конкретного стада. На наш взгляд, построение комплексного числового показателя на основе метода главных компонент в системе оценки молочного скота является актуальным и востребованным [9, 10].

Цель исследований – провести сравнительную оценку методом главных компонент коров голштинской породы с учетом генеалогической и генетической принадлежности и установить влияние генетических факторов на хозяйственнополезные признаки коров.

Материал и методы исследований. Исследования проводились на коровах голштинской породы, содержащихся в одинаковых условиях Шпаковского муниципального округа Ставропольского края (ООО СП «Чапаевское»). Всех животных (n=135) поделили на девять генеалогических групп с учетом их линейной принадлежности по пятнадцать голов в каждой из групп (таблица 1).

Таблица 1

Схема формирования опытных групп

Table 1

Scheme of formation of experimental groups

Линейная принадлежность	Генеалогическая группа/№ быка	Порядковый номер, закрепленный за быком, в исследованиях
Линия РефлекшинСоверинг	60540091	1
	60064569	2
	17099335	3
Линия МонтвикЧифтейн	17151911	4
	122588152	5
	129032447	6
Линия ВисБекАйдиал	125167552	7
	125571728	8
	125932660	9

Вектор исходных признаков имел размерность, равную 20. Другими словами, имелось 20 исходных признаков, описывающих каждое из 135 животных.

Для достижения поставленной цели нами были поставлены следующие задачи:

1. Построение комплексного числового показателя (КЧП), включающего в себя информацию о всех исходных признаках.
2. Сравнительная оценка на основании средних значений КЧП потомков каждого быка и средних значения КЧП согласно линейной принадлежности потомков.

Список исходных признаков, используемых при формировании КЧП, представлен ниже, в таблице 2. Таким образом, для сравнительной оценки животных нами использовались основные показатели продуктивности и воспроизводительных способностей за две лактации.

Для формирования КЧП используется метод главных компонент (PrincipalComponentAnalysis, PCA). Подробно алгоритм формирования КЧП изложен в работе [11, 12]. Основная идея формирования комплексного числового показателя заключается в следующем.

Таблица 2

Исходные признаки

Table2

Initial parameters

№ п/п	Исходный признак
1	Количество дойных дней за одну лактацию
2	Удой за законченную одну лактацию, кг
3	Удой за 305 дней первой лактации, кг
4	Количество дойных дней по две лактации
5	Удой за законченную вторую лактацию, кг
6	Удой за 305 дней второй лактации, кг
7	Сервис период первой лактации
8	Сервис-период второй лактации
9	Возраст первого отела
10	Пожизненный удой, кг
11	Пожизненное содержание жира в молоке, %
12	Возраст в лактациях
13	Возраст в годах
14	Возраст в месяцах
15	Содержание жира в молоке по первой лактации, %
16	Содержание белка в молоке по первой лактации, %
17	Живая масса, первая лактация, кг
18	Содержание жира в молоке по второй лактации, %
19	Содержание белка в молоке по второй лактации, %
20	Живая масса, вторая лактация, кг

С помощью метода PCA сокращается количество переменных в исходном наборе данных. Следует отметить, что перед применением метода PCA матрица исходных данных предварительно стандартизируется с использованием выражения:

$$Z_i = \frac{X_i - \overline{X}}{\sigma_X}, \quad (1)$$

где Z_i – стандартизованное значение измеряемого параметра для i -го оцениваемого животного; X_i – исходное значение измеряемого параметра для i -го животного; $\overline{X}$ – среднее значение параметра; σ_X – среднее квадратичное отклонение (СКО) параметра.

В результате реализации метода PCA получаем матрицу нагрузок (A) размерностью $[n \times n]$, вектор собственных значений компонент (λ) размерностью n , а также матрицу счетов (PC) размерностью $[h \times n]$. Здесь h – количество оцениваемых животных в выборке, n – количество измеряемых параметров (исходных признаков).

На следующем этапе проводится отбор главных компонент по необходимой доле объясненной дисперсии исходных признаков. Эта доля, как правило, принимается не менее 80%. Остальные компоненты отбрасываются. Если число отобранных главных компонент равно k , то матрица счетов, которая будет нами использоваться в дальнейшем, принимает размерность $[h \times k]$. Это означает, что каждому i -му животному в пространстве отобранных главных компонент будет соответствовать вектор, элементами которого являются координаты главных компонент из матрицы счетов PC:

$$[PC_1^i \quad PC_2^i \quad \dots \quad PC_k^i], \quad (i=1 \dots h). \quad (2)$$

Далее в выделенном пространстве главных компонент определяется опорная точка МАХ, соответствующая гипотетическому животному, у которого все используемые параметры имеют наилучшее значение. При этом наилучшие значения берутся из используемой выборки исходных данных.

Термин «наилучшее» не означает максимальное значение. В данном случае наилучшими считаются максимальные значения всех параметров, кроме первого, четвертого, седьмого и восьмого. Для указанных параметров наилучшими являются минимальные значения.

Следующим шагом в пространстве главных компонент (PC) определяются координаты векторов, соответствующих всем оцениваемым животным. Теперь необходимо рассчитать близость этих векторов к назначенной опорной точке МАХ. Для этого вычисляются расстояния между концами векторов, характеризующих каждое i -е животное, и точкой МАХ. Таким образом получают величины $D_i^{\text{МАХ}}$:

$$D_i^{\text{МАХ}} = \sqrt{(PC_1^i - PC_1^{\text{МАХ}})^2 + (PC_2^i - PC_2^{\text{МАХ}})^2 + \dots + (PC_k^i - PC_k^{\text{МАХ}})^2}, \quad (i=1 \dots h), \quad (3)$$

Комплексный числовой показатель определяется как величина, обратная значению $D_i^{\text{МАХ}}$:

$$KP_i = 1/D_i^{\text{МАХ}} \quad (4)$$

Чем выше значение KP_i , тем ближе в координатном пространстве главных компонент к точке МАХ располагается точка S_i , характеризующая оцениваемое животное, следовательно, тем ближе к наилучшим значениям измеряемых параметров, используемых в формировании КЧП (рисунок 1).

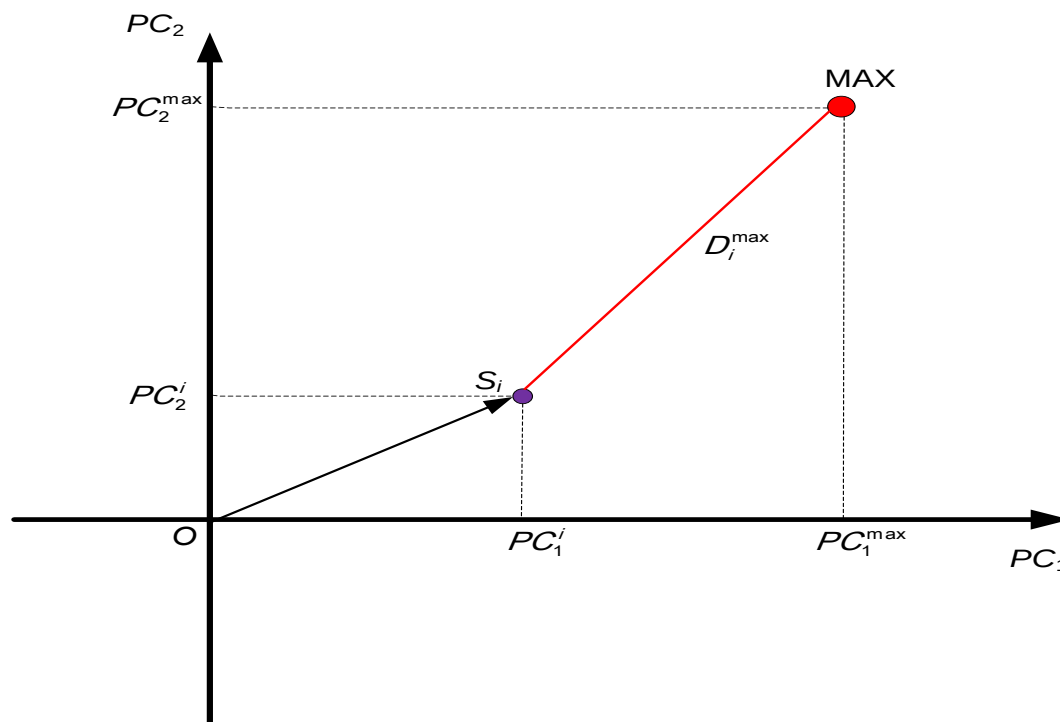


Рисунок 1. Взаимное расположение опорной точки MAX и точки, характеризующей i -е животное (S_i), в координатном пространстве главных компонент PC_1 и PC_2

Figure 1. Relative position of the reference point MAX and the point characterizing the i -e animal (S_i) in the coordinate space of the main components PC_1 and PC_2

Для определения достоверности различий между средними значениями построенных КЧП, а также для установления влияния генетических факторов на хозяйственно-полезные признаки коровосуществляли процедуру однофакторного дисперсионного анализа.

С целью проведения расчетов использовался табличный процессор MSExcel, а также интегрированный математический пакет MATLAB, обладающий большим набором встроенных функций, помогающих реализовать метод PCA [13,14].

Результаты исследований и их обсуждение. На первом этапе представляет интерес расчет корреляционной матрицы исходных параметров (таблица 3).

Реализация метода главных компонент в пакете MATLAB позволяет получить матрицу нагрузок и матрицу счетов по всем двадцати компонентам. Выделение главных компонент проводили на основании значения кумулятивной доли дисперсии исходных признаков, объясняемой компонентами. Объясненная дисперсия является показателем информативности компоненты. Графически эта доля объясненной дисперсии (The variance explained) представлена на рисунке 2.

Таблица 3
Корреляционная матрица исходных параметров

Table3

Correlation matrix of the initial parameters

№	№ параметра																			
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	1	0,79	0,02	0,11	-0,18	-0,39	0,95	0,16	-0,21	0,05	-0,04	-0,23	0,05	0,06	-0,03	-0,05	0,04	-0,08	0,10	-0,23
2		1	0,58	0,10	0,03	-0,06	0,77	0,17	-0,04	0,26	-0,01	-0,21	0,04	0,05	0	-0,09	0	-0,17	0,08	-0,22
3			1	0,05	0,34	0,45	0,03	0,11	0,23	0,30	0,06	-0,11	-0,03	-0,04	0,05	-0,08	-0,11	-0,24	0,02	-0,08
4				1	0,65	0,15	0,07	0,91	0,11	0,17	0,01	-0,22	0,20	0,21	-0,04	0,01	-0,01	-0,02	-0,11	-0,11
5					1	0,67	-0,18	0,58	0,17	0,34	0	-0,08	0,17	0,18	0,07	0,01	-0,10	-0,05	-0,05	-0,07
6						1	-0,36	0,13	0,17	0,30	-0,01	-0,04	0,01	0	0,09	0,15	-0,09	-0,07	0,04	0,03
7							1	0,17	-0,27	0,04	-0,04	-0,21	0,03	0,05	-0,04	-0,07	0,01	-0,09	0,08	-0,18
8								1	0,04	0,15	0,01	-0,24	0,17	0,18	-0,03	0,01	-0,01	-0,01	-0,09	-0,13
9									1	0	0,04	-0,09	0,02	-0,03	-0,01	-0,05	-0,06	0,06	0,14	-0,04
10										1	-0,02	0,57	0,76	0,77	-0,15	0,02	0,12	-0,13	0,02	-0,05
11											1	-0,02	0,09	0,06	-0,07	0,15	0,16	0,053	-0,09	-0,05
12												1	0,65	0,67	-0,21	-0,07	0	0	-0,04	0,09
13													1	0,98	-0,21	0,03	0,13	-0,10	-0,01	-0,05
14														1	-0,20	0,03	0,14	-0,06	-0,03	-0,03
15															1	-0,24	0	0,13	-0,15	0,06
16																1	0,11	0,11	0,25	-0,06
17																	1	0,11	0,01	0,19
18																		1	0,08	0,04
19																			1	-0,08
20																				1

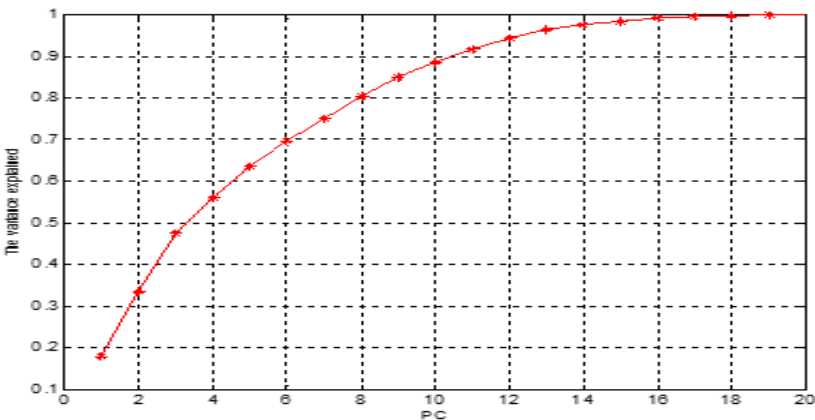


Рисунок 2. Кумулятивная доля объясненной дисперсии исходных параметров по компонентам
Figure 2. Cumulative fraction of the explained variance of the initial parameters by components

Представляет интерес расчет общностей (Communality), показывающих, какая часть дисперсии исходного признака объясняется выбранными главными компонентами. Другими словами, значения общностей позволяет определить наиболее информативные исходные признаки в выбранном пространстве главных компонент.

Ниже, в таблице 4, представлены компонентные нагрузки исходных параметров по восьми главным компонентам, а также рассчитанные значения общностей, вектор собственных значений (λ) и доля объясненной дисперсии признаков по каждой компоненте. Очевидно, что наиболее информативными признаками в полученной дисперсии, характеризующими качество оцениваемых животных, являются 11 (71%), 19 (53 %) 16, 17, 18 (0,50) исходные показатели.

Таблица 4

Компонентные нагрузки, общности, собственные значения

Table 4

Component loads, communalities, latent roots

№ исх. пар-ра	PC_1	PC_2	PC_3	PC_4	PC_5	PC_6	PC_7	PC_8	Общности
	Компонентные нагрузки (a)								
1	0,070	0,519	-0,160	-0,046	0,026	0,022	0,077	-0,011	0,31
2	0,157	0,472	-0,003	0,278	0,024	0,156	0,049	0,019	0,35
3	0,162	0,115	0,248	0,528	0,007	0,200	-0,074	0,046	0,43
4	0,279	0,101	0,331	-0,418	-0,042	-0,086	-0,010	0,005	0,38
5	0,297	-0,067	0,423	-0,038	-0,020	-0,001	0,047	-0,111	0,29
6	0,161	-0,190	0,365	0,286	0,099	0,100	0,021	-0,247	0,36
7	0,064	0,512	-0,161	-0,031	-0,007	0,025	0,057	-0,067	0,30
8	0,269	0,152	0,319	-0,399	-0,039	-0,062	-0,015	-0,021	0,36
9	0,032	-0,109	0,203	0,163	0,172	-0,033	0,241	0,576	0,50
10	0,452	-0,068	-0,125	0,182	-0,016	0,078	0,100	-0,077	0,28
11	0,030	-0,029	-0,009	-0,080	0,231	0,453	-0,495	0,446	0,71
12	0,234	-0,271	-0,356	0,106	-0,112	-0,102	0,042	0,028	0,29
13	0,437	-0,115	-0,258	-0,057	-0,013	-0,014	0,04	0,106	0,29
14	0,440	-0,109	-0,264	-0,075	-0,038	-0,001	0,065	0,070	0,29
15	-0,116	0,022	0,152	0,035	-0,374	0,282	0,393	0,094	0,42
16	0,016	-0,058	0,001	-0,105	0,618	0,035	-0,132	-0,294	0,50
17	0,037	-0,023	-0,128	-0,186	0,142	0,635	0,093	-0,132	0,50
18	-0,095	-0,080	-0,007	-0,264	0,174	0,183	0,540	0,243	0,50
19	-0,012	0,044	-0,039	0,140	0,532	-0,190	0,416	-0,112	0,53
20	-0,077	-0,174	-0,044	-0,032	-0,182	0,371	0,120	-0,425	0,41
Собственные значения (λ)									
	3,593	3,131	2,747	1,741	1,495	1,227	1,086	1,037	
Объясненная дисперсия (по компонентам), %									
	17,96	15,66	13,74	8,71	7,48	6,13	5,43	5,19	

На рисунке 3 представлены средние значения полученных КЧП по принципу принадлежности коров к одному отцу и линейной принадлежности.

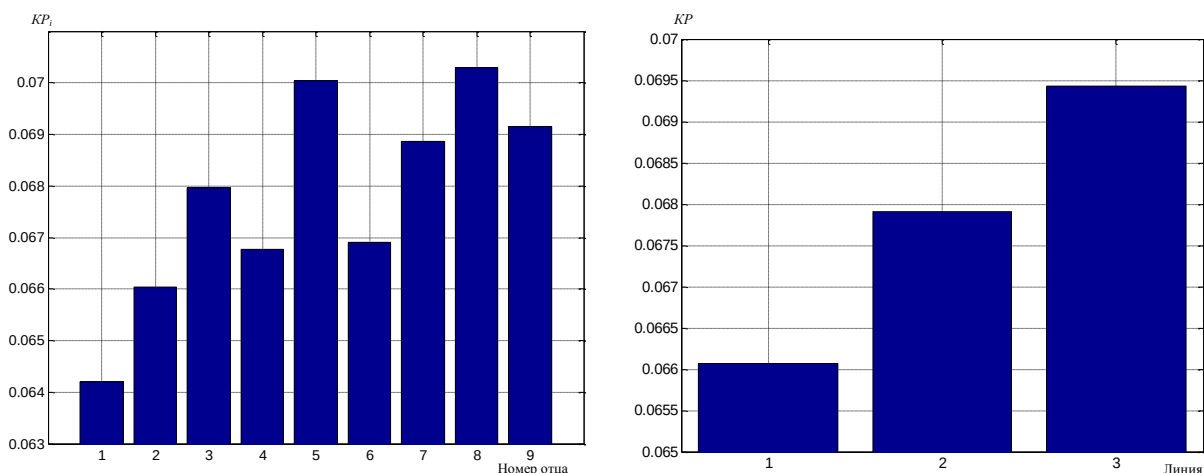


Рисунок 3. Средние значения КЧП оцениваемых животных в соответствии с принадлежностью одному отцу и линейной принадлежностью
Figure 3. Average values of the CI of the evaluated animals in accordance with belonging to the same father and line

Отметим, что каждая из восьми полученных в итоге компонент содержит все исходные признаки, но какие-то определенные признаки будут наиболее выраженными и консолидированными, то есть с минимальным разбросом от средней величины. В данной факторной модели такими признаками являются: 11, 19, 16, 17, 18.

Анализируя данные, представленные на рисунке 3, можно сделать вывод, что в целом разброс показателей в группах с учетом их принадлежности к быку-производителю достаточно небольшой ($\lim=0,063-0,071$), однако по совокупности признаков наилучшими результатами обладали быки под номерами 125167552, 125571728, 125932660, принадлежащие линии Вис Бек Айдиал. При этом вариабельность результатов по линиям находилась в пределах 0,065–0,0694, что также говорит о консолидации признаков в изучаемой популяции скота.

Однако с целью определения достоверности различий между средними значениями КЧП потомков каждого отца и средними значениями КЧП в линейной принадлежности нами был проведен однофакторный дисперсионный анализ.

Нулевая гипотеза звучит следующим образом. Фактор принадлежности животного к тому или иному **отцу/линии** не оказывает влияния на среднее значение КЧП в соответствующей группе потомков. Различия в средних значениях являются случайными. Альтернативная гипотеза утверждает, что градации фактора принадлежности животного к тому или иному отцу/линии оказывают существенное влияние на среднее значение КЧП в группах потомков.

Уровень значимости при проведении дисперсионного анализа выбран, равным $\alpha = 0,05$. В ходе дисперсионного анализа рассчитывается так называемое *p-значение* (*p-value*). Если полученное *p-значение* меньше установленного уровня значимости ($\alpha = 0,05$), то нулевая гипотеза отклоняется и принимается альтернативная гипотеза. В противном случае нулевая гипотеза принимается.

На первом этапе нами был проведен дисперсионный анализ КЧП для девяти групп потомков различных отцов. Предлагалось проверить достоверность нулевой ги-

потезы, утверждающей, что среднее значение КЧП в подгруппах животных, принадлежащих различным отцам, не зависит от градаций фактора отцовства.

В результате однофакторного дисперсионного анализа получено значение $p\text{-value} = 0,0247$. Очевидно, что выполняется условие $p\text{-value} < \alpha$. Следовательно, нулевая гипотеза отвергается и можно утверждать, что различия в средних значениях КЧП в подгруппах носят неслучайный характер и являются существенными. Иллюстрирует однофакторный дисперсионный анализ диаграмма размаха, показанная на рисунке 4, где римские цифры обозначают девять подгрупп животных, принадлежащих разным отцам.

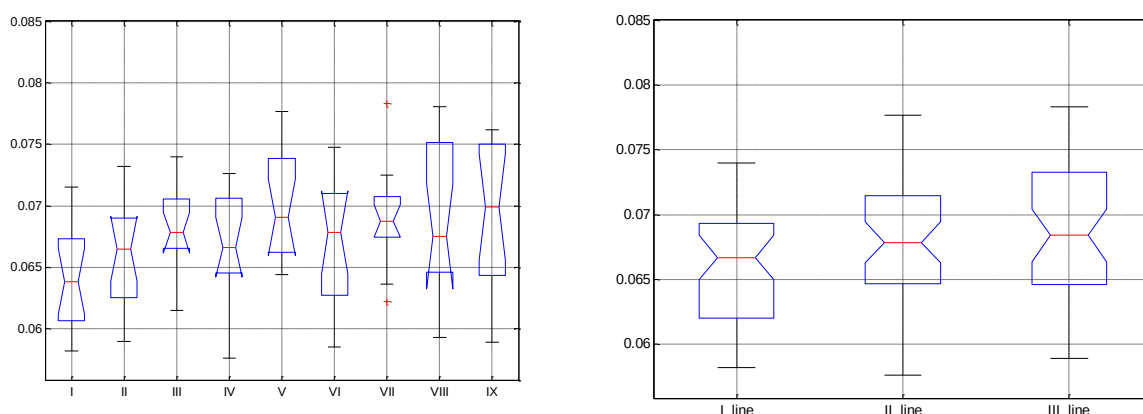


Рисунок 4. Диаграмма размаха по результатам дисперсионного анализа в подгруппах животных, принадлежащих девяти разным отцам и трем линиям
Figure 4. Box plot based on the results of the analysis of variance in subgroups of animals belonging to nine different fathers and three lines

На втором этапе был осуществлен аналогичный анализ, но уже с учетом линейной принадлежности потомков к трем различным линиям. В результате дисперсионного анализа получено $p\text{-value} = 0,0099$. Это говорит о том, что и в данном случае нулевая гипотеза о случайности различий средних значений КЧП в подгруппах животных в соответствии с линейной принадлежностью не подтверждается.

Таким образом, проведенный однофакторный анализ доказывает, что на проявление изучаемых хозяйственно полезных признаков в данной популяции оказало влияние генеалогических (линейная принадлежность) и генетических факторов (дочери конкретного быка-производителя).

Закключение. Нами установлено: хотя влияние происхождения на изучаемые признаки было достоверным, разница как между линиями, так и конкретными генетическими группами оказалась незначительной, свидетельствуя о том, что данная популяция выровнена по большинству показателей, что подтверждается исследованиями, представленными ранее [15]. Применение в исследованиях метода комплексных числовых показателей позволяет существенно сократить время обработки результатов за счет объединения всех изучаемых признаков в компоненты.

Список источников

1. Ломакина, А.Н. Тенденции развития предпринимательства на рынке молока и молочной продукции Ставропольского края // Вестник Северо-Кавказского федерального университета. 2019. № 5 (74). С. 58–63. DOI:10.37493/2307-907X-2019-74-5-58-63.
2. Моллаева А.Б., Вологирова Ф.А., Жуков А.А., Айсанов З.М. Влияние инбридинга на молочную продуктивность дочерей голштинских быков-производителей // Известия Горского государственного аграрного университета. 2022. Т. 59. № 2. С. 61–67. http://dx.doi.org/10.54258/20701047_2022_59_2_61
3. Аминова А.Л. Молочная продуктивность и воспроизводительная способность коров при различных способах содержания // Аграрный вестник Урала. 2022. № 01 (216). С. 47–55. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-216-01-47-55.
4. Карымсаков Т.Н. Эффективность использования в селекции молочного скота методов индексной оценки // Вестник аграрной науки. 2021. № 3 (90). С. 89–93.
5. Федяев П.М., Лукьянов К.И. Современные тенденции индексной оценки племенной ценности молочного скота // Генетика и разведение животных. 2016. № 4. С. 11–19.
6. Лефлер Т.Ф., Садыко С.Г. Сравнительная оценка молочной продуктивности коров разных линий // Вестник КрасГАУ. 2019. № 5 (146). С. 138–142.
7. Иванова И.П., Троценко И.В. Генетический потенциал молочной продуктивности племенного скота Омской области // Известия Горского государственного аграрного университета. 2021. Т. 58. № 4. С. 50–55. DOI: 10.54258/20701047_2021_58_4_50.
8. Игнатьева Л.П., Янгляева А.А. Использование селекционного индекса для оценки продуктивного долголетия коров симментальской породы // Аграрная наука. 2024. № 6. С. 62–67. – DOI 10.32634/0869-8155-2024-383-6-62-67. – EDN JLVGFV.
9. Критерии отбора быков по показателям племенной ценности / И.М. Дунин, С.Е. Тяпугин, Н.В. Семенова [и др.] // Зоотехния. 2024. № 3. С. 2–4. DOI 10.25708/ZT.2024.11.27.001. – EDN EFGJZU.
10. Сравнительный анализ результатов оценки быков-производителей голштинской черно-пестрой породы по продуктивности дочерей на основе официальной инструкции и модели BLUP / К.Ж. Жуманов, Т.Н. Карымсаков, М.А. Кинеев [и др.] // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2020. № 4. С. 155–163. DOI 10.26897/0021-342X-2020-4-155-163. – EDN FUUHQQL.
11. Кулинцев В.В., Шевхужев А.Ф., Погодаев В.А., Катков К.А. Механизм расчета комплексного показателя продуктивности животных. Достижения науки и техники АПК. 2022. Т. 36. № 5. С. 67–74.
12. Сулыга Н.В., Катков К.А., Ковалева Г.П., Лапина М.Н. Применение комплексного показателя в оценке молочной продуктивности коров черно-пестрой породы // Известия Горского государственного аграрного университета. 2022. Т. 59-4. С. 71–79. – DOI 10.54258/20701047_2022_59_4_71. – EDN QHWPVZ.
13. Погодаев В.А., Катков К.А., Боташева В.А. Результаты анализа количественных и качественных показателей мясной продуктивности свиней // Аграрный научный журнал. 2021. № 12. С. 94–99. <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2021i12pp94-99>
14. Никитин В.В., Бобин Д.В. Метод главных компонент для взвешенных данных в процедуре многомерного статистического прогнозирования // Статистика и Экономика. 2021. Т. 18. № 2. С. 4–11. DOI: <http://dx.doi.org/10.21686/2500-3925-2021-2-4-11>.
15. Сулыга Н.В., Ковалева Г.П., Рачков И.Г., Быкадоров П.П. Влияние генотипа отца на продуктивное долголетие коров голштинской породы // Сельскохозяйственный журнал.

2024. № 2(17). С. 148–156. – DOI 10.48612/FARC/2687-1254/015.2.17.2024. – EDN TRVQSB.

References

1. Lomakina, A. N. Trends in the development of entrepreneurship in the milk and dairy products market of the Stavropol Territory // Newsletter of North-Caucasus Federal University. – 2019. – No. 5 (74). – P. 58 – 63. DOI: 10.37493/2307-907X-2019-74-5-58-63.
2. Mollaeva A.B., Vologirova F.A., Zhukov A.A., Aisanov Z.M. Effect of inbreeding on the dairy productivity of daughters of Holstein servicing bulls // Proceedings of Gorsky State Agrarian University. 2022. Vol. 59. No. 2. P. 61–67. http://dx.doi.org/10.54258/20701047_2022_59_2_61
3. Aminova A.L. Dairy productivity and reproductive ability of cows with various methods of maintenance // Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. No. 01 (216). P. 47–55. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-216-01-47-55.
4. Karymsakov T.N. Efficiency of using evaluation index methods in dairy cattle breeding // Bulletin of Agrarian Science. 2021. No. 3 (90). P. 89-93.
5. Fediaev P.M., Lukianov K.I. Modern trends in the evaluation index of the breeding value of dairy cattle // Genetics and animal breeding. 2016. No. 4. P. 11–19.
6. Lefler T.F., Sadyko S.G. Comparative evaluation of dairy productivity of cows of different lines // Bulletin of KrasSAU. 2019. No. 5 (146). P. 138–142.
7. Ivanova I.P., Trotsenko I.V. Genetic potential of dairy productivity of breeding cattle of the Omsk region // Proceedings of Gorsky State Agrarian University. 2021. Vol. 58. No. 4. P. 50–55. DOI: 10.54258/20701047_2021_58_4_50.
8. Ignateva L. P., Yangliaeva A. A. Use of a selection index to assess the productive longevity of cows of the Simmental breed // Agrarian Science. 2024. – No. 6. – P. 62–67. – DOI 10.32634/0869-8155-2024-383-6-62-67. – EDN JLVGFV.
9. Criteria for the selection of bulls according to traits of breeding value / I. M. Dunin, S. E. Tiapugin, N. V. Semenova [et al.] // Zootechniya. 2024. No. 3. P. 2–4. DOI 10.25708/ZT.2024.11.27.001. – EDN EFGJZU.
10. Comparative analysis of the evaluation results of servicing bulls of the Holstein black-and-white breed on the productivity of daughters based on the official instructions and the BLUP model / K. Zh. Zhumanov, T. N. Karymsakov, M. A. Kineev [et al.] // Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy. 2020. No. 4. P. 155–163. DOI 10.26897/0021-342X-2020-4-155-163. – EDN FUUHQJL.
11. Kulintsev V.V., Shevkhuzhev A.F., Pogodaev V.A., Katkov K.A. Mechanism for calculating the complex index of animal productivity. Achievements of science and technology of the agro-industrial complex. 2022. Vol. 36. No. 5. P. 67–74.
12. Sulyga N.V., Katkov K.A., Kovaleva G.P., Lapina M.N. Application of a complex index in evaluation of milk productivity of black-and-white cows // Proceedings of Gorsky State Agrarian University. 2022. Vol. 59-4. P. 71–79. – DOI 10.54258/20701047_2022_59_4_71. – EDN QHWVZZ.
13. Pogodaev V.A., Katkov K.A., Botasheva V.A. Results of the analysis of quantitative and qualitative indicators of meat productivity of pigs // Agrarian Scientific Journal. 2021. No. 12. P. 94–99. <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2021i12pp94-99>

14. Nikitin V.V., Bobin D.V. Principal components method for weighted data in the procedure of multidimensional statistical forecasting // Statistics and Economics. 2021. Vol. 18. No. 2. P. 4–11. DOI: <http://dx.doi.org/10.21686/2500-3925-2021-2-4-11>.
15. Sulyga N.V., Kovaleva G.P., Rachkov I.G., Bykadorov P.P. Influence of the father's genotype on the productive longevity of Holstein cows // Agricultural Journal. 2024. No. 2 (17). P. 148–156. – DOI 10.48612/FARC/2687-1254/015.2.17.2024. – EDN TRVQSB.

Информация об авторах

Наталья Владимировна Сулыга, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, тел.: 8928335-45-09, e-mail: natadi80@mail.ru, ORCID 0000-0002-9724-6271

Константин Александрович Катков, кандидат технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник, тел.: 8918861-98-02, e-mail: kkatkoff@mail.ru, ORCID 0000-0003-4734-8656

Галина Петровна Ковалева, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ведущий научный сотрудник, тел.: 8928310-91-28, e-mail: skotovodstvo-sniizhk.@yandex.ru, ORCID 0000-0002-6655-2225

Владимир Адольфович Витол, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, тел.: 8 9280145178, e-mail: vvitol@yandex.ru, ORCID 0000-0002-5254-5200

Information about the authors

N. V. Sulyga, Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher, tel.: 8-928-335-45-09, e-mail: natadi80@mail.ru, ORCID 0000-0002-9724-6271

K. A. Katkov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Leading Researcher, tel.: 8-918-861-98-02, kkatkoff@mail.ru, ORCID 0000-0003-4734-8656

G. P. Kovaleva, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Leading Researcher, tel.: 8-928-310-91-28, e-mail: skotovodstvo-sniizhk.@yandex.ru, ORCID 0000-0002-6655-2225

V. A. Vitol, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, tel.: +79280145178, e-mail: vvitol@yandex.ru 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 08.11.2024; одобрена после рецензирования 18.11.2024; принята к публикации 17.12.2024.

The article was submitted 08.11.2024; approved after reviewing 18.11.2024; accepted for publication 17.12.2024.

Сельскохозяйственный журнал. 2024. № 4 (17). С. 160-170
Agricultural journal. 2024; 17 (4). P. 160-170

Зоотехния и ветеринария

Научная статья

УДК: 636.2.033:575.113

DOI: 10.48612/FARC/2687-1254/016.4.17.2024

ПОЛИМОРФИЗМ ГЕНОВ МОЛОЧНОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ *GH* И *DGAT1* В ПОПУЛЯЦИИ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА ГОЛШТИНСКОЙ ПОРОДЫ НИДЕРЛАНДСКОЙ СЕЛЕКЦИИ

Алий-бек Данильбекович Хаудов¹, Жираслан Хаутиевич Курашев¹,
Тимур Людинович Слонов², Магомед Хасанович Жекамухов³

¹Федеральное государственное бюджетное научное учреждение Федерального научно-го центра «Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук» Россия, г. Нальчик, e-mail: kbncran@mail.ru

²Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение «Институт химии и биологии Кабардино-Балкарского государственного университета им. Х.М. Бербекова», 360004, Россия, г. Нальчик, ул. Чернышевского, 173

³Институт сельского хозяйства – филиал Кабардино-Балкарского научного центра Российской академии наук, Россия, г. Нальчик, e-mail: kbniish2007@yandex.ru

Аннотация. Данное исследование направлено на изучение генетической изменчивости голштинской породы крупного рогатого скота по генам *DGAT1* и *GH*, играющим важную роль в формировании продуктивных качеств животных. Анализ проводился у 67 коров голштинской породы нидерландской селекции на роботизированной ферме. Генотипирование полиморфизмов осуществлялось методом аллель-специфической ПЦР с использованием праймеров. Для разработки ПЦР-праймеров был использован референсный геном *Bos taurus* (GCA_002263795.4), доступный в базе данных NCBI. Дизайн праймеров проводился с помощью программного обеспечения Unipro UGENE 50.0. Результаты показали преобладание аллеля А (0,739) над аллелем К (0,261) для гена *DGAT1* с наиболее распространенным генотипом АА (53,7 %). Для гена *GH* доминировал аллель L (0,933) над аллелем V (0,067). При этом генотип LL встречался у большинства животных (86,6 %). Оценка генетического разнообразия популяции включала расчет показателей наблюдаемой (H_o) и ожидаемой (H_e) гетерозиготности, а также индекса фиксации F_{is} . Для обоих генов прослеживалась незначительно более высокая наблюдаемая гетерозиготность по сравнению с ожидаемой, что отразилось в отрицательных значениях F_{is} (*DGAT1*: -0,044; *GH*: -0,072). Статистический анализ показал, что различия между наблюдаемой и ожидаемой гетерозиготностью для обоих генов не являются значимыми (*DGAT1*: $\chi^2 = 0,131$, $p = 0,718$; *GH*: $\chi^2 = 0,347$, $p = 0,555$). Это указывает на соответствие распределения генотипов равновесию Харди–Вайнберга, что может свидетельствовать об отсутствии значительных нарушений в популяции, таких как сильный отбор или инбридинг. Полученные результаты предоставляют важную информацию о генетической структуре популяции голштинского скота в

регионе и могут быть использованы для дальнейшего совершенствования селекционной работы. Таким образом, исследование полиморфизма генов *DGAT1* и *GH* у голштинских коров остается актуальной темой в области молекулярной генетики молочного скотоводства. Дальнейшие исследования в этой области могут способствовать улучшению понимания генетических механизмов и помочь в разработке более эффективных стратегий селекции.

Ключевые слова: КРС, голштинская порода, ген *GH*, ген *DGAT1*, полиморфизм, аллель, генотип.

Для цитирования: Хаудов А.Д., Курашев Ж.Х., Слонов Т.Л., Жекамухов М.Х. Полиморфизм генов молочной продуктивности *GH* и *DGAT1* в популяции крупного рогатого скота голштинской породы нидерландской селекции // Сельскохозяйственный журнал. 2024. № 4 (17). С. 160-170. DOI: 10.48612/FARC/2687-1254/016.4.17.2024

Zootechny and veterinary science

Original article

POLYMORPHISM OF DAIRY PRODUCTIVITY GENES *GH* AND *DGAT1* IN A POPULATION OF HOLSTEIN CATTLE OF DUTCH BREEDING

Alii-bek D. Khaudov¹, Zhiraslan Kh. Kurashev¹, Timur L. Slonov², Magomed Kh. Zhekamukhov³

¹ Federal State Budgetary Scientific Institution of the Federal Scientific Center “Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences” Russia, Nalchik, e-mail: kbncran@mail.ru

² Federal State Budgetary Educational Institution “Institute of Chemistry and Biology of the Kabardino-Balkarian State University named after Kh.M. Berbekov”, 360004, Russia, Nalchik, Chernyshevskogo str., 173

³ Institute of Agriculture – branch of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Russia, Nalchik, e-mail: kbniish2007@yandex.ru

Abstract. This study is aimed at studying the genetic variability of the Holstein cattle breed in the *DGAT1* and *GH* genes, which play an important role in the formation of the productive qualities of animals. The analysis was carried out with 67 Holstein cows of the Dutch breeding on an automated farm. Genotyping of polymorphisms was carried out by the allele-specific PCR method using primers. The *Bos taurus* reference genome (GCA_002263795.4), available in the NCBI database, was used to develop PCR primers. Primers were designed using Unipro UGENE 50.0 software. The results showed the prevalence of the A allele (0,739) over the K allele (0,261) for the *DGAT1* gene with the most common genotype AA (53,7%). For the *GH* gene, the L allele (0,933) was dominant over the V allele (0,067). In addition, the genotype LL was found in the majority of animals (86,6%). The evaluation of the population genetic diversity included the calculation of the observed (H_o) and expected (H_e) heterozygosity indices, as well as the F_{is} fixation index. For both genes, the observed heterozygosity was slightly higher than the expected one, which was reflected in the negative F_{is} values (*DGAT1*: -0.044; *GH*: -0.072). Statistical analysis showed that the differences between the observed and expected heterozygosity for both genes were

not significant (*DGAT1*: $\chi^2 = 0,131$, $p = 0,718$; *GH*: $\chi^2 = 0,347$, $p = 0,555$). This indicates that the genotype distribution corresponds to the Hardy-Weinberg equilibrium, which may indicate the absence of significant irregularities in the population, such as strong selection or inbreeding. The obtained results provide important information on the genetic structure of the Holstein cattle population in the region and can be used for further improve breeding work. Thus, the study of *DGAT1* and *GH* gene polymorphism in Holstein cows remains a relevant topic in the field of molecular genetics of dairy cattle breeding. Further research in this area can contribute to a better understanding of the genetic mechanisms and help in the development of more effective breeding strategies.

Keywords: cattle, Holstein breed, *GH* gene, *DGAT1* gene, polymorphism, allele, genotype.

For citation: Khaudov A.D., Kurashev Zh.Kh., Slonov T.L., Zhekamukhov M.Kh. Polymorphism of dairy productivity genes *GH* and *DGAT1* in a population of Holstein cattle of Dutch breeding // Agricultural Journal. 2024. No. 17 (4). P. 160-170.

DOI: 10.48612/FARC/2687-1254/016.4.17.2024

Введение. Голштинская порода крупного рогатого скота – одна из наиболее распространенных и высокопродуктивных молочных пород в мире – характеризуется высокими удоями, достигающими в среднем 10 000–12 000 кг и выше молока за лактацию, с содержанием 3,6–3,8 % жира и 3,2–3,3 % белка [1]. Голштинский скот отличается крупным телосложением, живой массой взрослых коров, равной 600–750 кг, и быков – 1 000–1 200 кг. Масть преимущественно черно-пестрая, реже – красно-пестрая. Порода обладает хорошей адаптивностью к различным климатическим условиям и интенсивным технологиям содержания [2]. Благодаря своим высоким продуктивным качествам, голштинская порода широко используется для улучшения местных пород скота во многих странах мира.

Генетические исследования сельскохозяйственных животных в основном сосредоточены на выявлении генов, влияющих на хозяйственно полезные признаки, представляющие особый интерес для селекции. Наиболее важным элементом в молочном скотоводстве является изучение генов, способных повлиять на вариабельность удоя и состава молока [3]. Особый интерес представляют гены *DGAT1* (диацилглицерол ацилтрансферазы 1) и *GH* (гормон роста), полиморфизмы которых влияют на продуктивные качества молока у молочного скота [4, 5, 6].

DGAT1 – ключевой фермент в биосинтезе триглицеридов, катализирующий заключительный этап их синтеза. Ген *DGAT1* расположен на центромерном конце 14-й хромосомы крупного рогатого скота и считается одним из основных генов-кандидатов, связанных с вариациями содержания жира в молоке у молочных коров [7].

Наиболее изученным полиморфизмом *DGAT1* считается замена основания (K232A) в экзоне 8, приводящая к вариации количественных признаков. Данный полиморфизм представляет собой замену аденина (A) на лизин (K) в положении 232-й аминокислотной последовательности белка. Вариант, кодирующий лизин (K-аллель), ассоциирован с высоким содержанием жира в молоке, в то время как вариант, кодирующий аланин (A-аллель), связан с высоким удоем молока [8, 9]. Аналогичные результаты были получены в исследовании немецких голштинских коров [10, 11]. Установлено, что K-аллель *DGAT1* связан с повышенным содержанием жира в молоке и сниженным удо-ем. Кроме того, было обнаружено, что данный аллель также ассоциирован с повышен-

ным содержанием белка в молоке.

Интересно, что частота аллелей *DGAT1* K232A может различаться между популяциями голштинского скота в разных странах. Например, в проведенных исследованиях немецкой и голландской популяций голштинских коров обнаружили, что частота К-аллеля у первых выше по сравнению со вторыми. Это может быть результатом различий в селекционных стратегиях или генетическом дрейфе.

Учитывая значительное влияние *DGAT1* K232A полиморфизма на признаки молочной продуктивности, многие исследователи предложили использовать его в качестве маркера для маркер-ассоциированной селекции (MAS) в программах разведения голштинского скота. Однако эффективность MAS зависит от многих факторов, включая частоту аллелей, силу эффекта локусов количественных признаков QTL и взаимодействие с другими генами и факторами окружающей среды [12, 13].

Гормон роста (*GH*) играет важную роль в росте, лактации, производстве молока, репродуктивных процессах, а также в метаболизме белков, липидов и углеводов у крупного рогатого скота [14, 15]. Благодаря вышеуказанным физиологическим эффектам, ген *GH* рассматривается как перспективный кандидат для маркер-ассоциированной селекции в животноводстве.

Ген гормона роста (*GH*) у коров расположен на 19-й хромосоме и состоит из пяти экзонов, кодирующих полипептид из 217 аминокислот. Особый интерес представляет однонуклеотидный полиморфизм (SNP) C > G в экзоне 5, приводящий к замене лейцина на валин в позиции 127 (*GH* p.L127V) [19].

Многочисленные исследования, посвященные изучению частот аллелей этого полиморфизма у молочных, мясных и комбинированных пород крупного рогатого скота, определили, что гомозиготный генотип по лейцину (p.127LL) ассоциирован с более высокой концентрацией *GH* в крови.

Влияние полиморфизма *GH* p.L127V на показатели молочной продуктивности неоднозначно и, по-видимому, зависит от породы. Кроме того, вариант p.127V встречается с низкой частотой во многих породах, что затрудняет проведение ассоциативного анализа из-за недостатка гомозиготных животных p.127VV.

Гормон роста участвует также в липидном обмене, что позволяет предположить его прямое или косвенное влияние на жирнокислотный состав молока. Известно, что пастбищное содержание коров воздействует на показатели молока и его жирнокислотный состав. Молочный жир жвачных животных, содержащихся на пастбище, обычно характеризуется более высоким уровнем полиненасыщенных жирных кислот, изомеров конъюгированной линолевой кислоты (CLA) и омега-3 жирных кислот по сравнению с молоком животных, содержащихся в стойлах.

В отношении голштинской породы, являющейся одной из наиболее распространенных молочных пород в мире, проведено несколько исследований по изучению полиморфизма *GH* p.L127V и его связи с показателями молочной продуктивности и выяснено, что у голштинской породы с генотипом LL имели место более высокие удои молока по сравнению с коровами с генотипом LV. Однако другие исследования не выявили значимых различий между генотипами по показателям молочной продуктивности у голштинов.

В последние годы с развитием технологий геномной селекции появилась возможность учитывать эффекты множества генов одновременно, тем не менее знание о крупных генах, таких как *DGAT1* и *GH*, остается важным для понимания генетической архитектуры признаков молочной продуктивности и может стать полезным при разра-

ботке стратегий геномной селекции.

Цель исследований – установить частоту носительства полиморфных аллельных вариантов генов *DGAT1* и *GH* для определения генетической структуры существующей популяции коров голштинской породы Кабардино-Балкарской Республики.

Материал и методы исследований. Исследование базировалось на анализе образцов крови, взятых у 67 коров голштинской породы, завезенных из Королевства Нидерландов в КФХ «Купшинов М.Т.» Прохладненского района Кабардино-Балкарской Республики в 2024 году. Кровь отбиралась в современные вакуумные пробирки объемом 6 мл, содержащие антикоагулянт К3EDTA. Процедуру забора материала осуществляли опытные специалисты под контролем ветеринарных врачей рано утром, перед первым кормлением животных, из подхвостовой вены, строго придерживаясь всех положений Федерального Закона № 498-ФЗ от 27.12.2018 «Об ответственном обращении с животными».

Для выделения геномной ДНК применялись реагенты «ДНК-Экстран-1» производства компании СИНТОЛ (Россия). Амплификация фрагментов проводилась на амплификаторе Biograd T100. ПЦР-смесь общим объемом 25 мкл для обоих локусов содержала следующие компоненты: 1 × ПЦР-буфер, 2,5 мМ MgCl₂, смесь дНТФ (по 0,2 мМ каждого нуклеотида), по 0,2 мМ каждого праймера, 0,5 ед. Taq ДНК-полимеразы (производства «SibEnzyme», Россия) и 50 нг ДНК.

Генотипирование полиморфизмов генов *GH* и *DGAT1* проводили методом аллель-специфической полимеразной цепной реакции (ПЦР). Данный метод позволяет идентифицировать конкретные аллели исследуемых генов.

Для выявления полиморфизма гена *GH* разработаны три олигонуклеотидных праймера: два прямых и один обратный. Прямой праймер *GH_FL* (5'-CCCTCCCTTGGCAGGAGC-3') был специфичен для аллеля L, а *GH_FV* (5'-CCCTCCCTTGGCAGGAGG-3') – для аллеля V. Обратный праймер *GH_R* (5'-GTTCTTGAGCAGCGCTCG-3') является общим для обоих аллелей. Длина амплифицируемого фрагмента составляла 113 пар нуклеотидов (п.н.). Условия ПЦР были следующими: начальная денатурация при 95 °С в течение 5 мин., затем 35 циклов (95 °С – 30 сек., 62 °С – 30 сек., 72 °С – 30 сек.) и финальная элонгация при 72 °С в течение 5 мин.

Для детекции полиморфизма гена *DGAT1* также разработаны три праймера: два прямых аллель-специфических и один обратный общий. Прямой праймер *DGAT1_FA* (5'-CGTAGCTTTGGCAGGTAAGGC-3') был специфичен для аллеля A, а *DGAT1_FK* (5'-CTCGTAGCTTTGGCAGGTAAGAA-3') – для аллеля K. В качестве обратного праймера использовали *DGAT1_R* (5'-CACCTGGAGCTGGGTGAGG-3'). Размер ПЦР-продукта составлял 368 п.н. Амплификацию проводили в следующих условиях: 95 °С – 5 мин, 35 циклов (95 °С – 30 сек., 61,5 °С – 30 сек., 72 °С – 30 сек.) и финальная элонгация при 72 °С в течение 5 мин.

Для разработки ПЦР-праймеров использовали референсный геном (*Bos taurus*, GCA_002263795.4), доступный в базе данных NCBI (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>). Сиквенсы целевых генов идентифицировали и извлекли с помощью программного обеспечения BLAST. Дизайн праймеров проводился с помощью программного обеспечения Unipro UGENE 50.0. (УНИПРО, Россия) Специфичность и уникальность спроектированных праймеров были дополнительно проверены путем проведения *in silico* ПЦР и анализа возможных перекрестных реакций с несвязными генами в геноме коровы с использованием программы Primer-BLAST (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/tools/primer->

blast).

Продукты амплификации анализировали методом электрофореза в 2%-ном агарозном геле с последующей визуализацией в УФ-свете после окрашивания бромистым этидием. Наличие специфической полосы соответствующей длины указывало на присутствие исследуемого аллеля в геноме животного (рисунок 1).

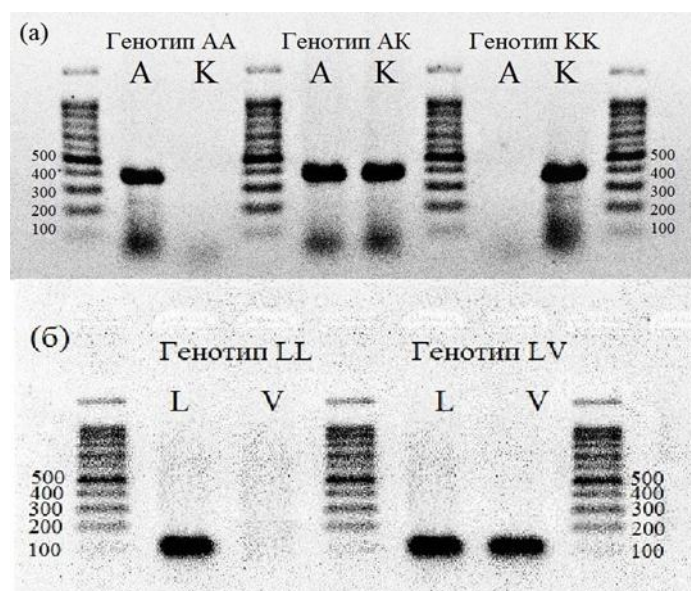


Рисунок 1. Электрофореграмма, демонстрирующая генотипы (AA, АК и КК) гена *DGAT1* (а) и генотипы (LL и LV) гена *GH* (б)

Figure 1. Electropherogram showing genotypes (AA, AK and KK) of the *DGAT1* gene (a) and genotypes (LL and LV) of the *GH* gene (b)

Расчет частот аллелей, наблюдаемые (H_o) и ожидаемые (H_e) гетерозиготности, значения F_{is} , а также тест на равновесие Харди–Вайнберга были рассчитаны с использованием R-пакета Pegas [29].

Результаты исследований и их обсуждение. В данном исследовании проанализирована генетическая изменчивость голштинской породы крупного рогатого скота по двум генам – *DGAT1* и *GH*, играющим важную роль в формировании продуктивных качеств животных, поэтому их изучение представляет большой интерес для селекционной работы.

Результаты генотипирования 67 животных по этим локусам представлены в таблице 1.

Таблица 1

Частоты генотипов и аллелей по генам *DGAT1* и *GH*

Table 1

Genotype and allele frequencies for the *DGAT1* and *GH* genes

	Частота встречаемости				
	аллелей		генотипов		
<i>DGAT1</i>	A	K	AA	AK	KK
	0,739	0,261	53,7	40,3	6
<i>GH</i>	L	V	LL	LV	VV
	0,933	0,067	86,6	13,4	-

Для гена *DGAT1* наблюдается преобладание аллеля А (0,739) над аллелем К (0,261). Наиболее распространенным генотипом является АА (53,7 %), за ним следует АК (40,3 %), реже – КК (6 %).

Для гена *GH* доминирует аллель L (0,933) над аллелем V (0,067). Генотип LL встречается у большинства животных (86,6 %), генотип LV обнаружен у 13,4 % особей, генотип VV не выявлен в исследуемой выборке.

Для оценки генетического разнообразия популяции были рассчитаны показатели наблюдаемой (H_o) и ожидаемой (H_e) гетерозиготности, а также индекс фиксации F_{is} (таблица 2).

Таблица 2

Показатели генетического разнообразия

Table 2

Genetic diversity parameters

Ген	H_o	H_e	χ^2	p-value	F_{is}
<i>DGAT1</i>	0,403	0,386	0,131	0,718	-0,044
<i>GH</i>	0,134	0,125	0,347	0,555	-0,072

Из таблицы 2 видно, что для гена *DGAT1* наблюдаемая гетерозиготность (0,403) немного выше ожидаемой (0,386), что отражается в отрицательном значении индекса фиксации F_{is} (-0,044). Данный показатель указывает на небольшой избыток гетерозигот в популяции. Однако различие между наблюдаемой и ожидаемой гетерозиготностью статистически незначительное ($\chi^2 = 0,131$, $p = 0,718$), что свидетельствует о соответствии распределения генотипов равновесию Харди–Вайнберга.

Для гена *GH* наблюдаемая гетерозиготность (0,134) также незначительно превышает ожидаемую (0,125), что приводит к отрицательному значению F_{is} (-0,072). Это также указывает на небольшой избыток гетерозигот. Как и в случае с *DGAT1*, различие статистически незначимо ($\chi^2 = 0,347$, $p = 0,555$) и популяция находится в равновесии Харди–Вайнберга по данному локусу.

Отрицательные значения F_{is} для обоих генов указывают на небольшой избыток гетерозигот по сравнению с ожидаемым при случайном скрещивании, но, учитывая статистическую незначительность различий между наблюдаемой и ожидаемой гетерозиготностью, можно заключить, что популяция находится в состоянии, близком к равновесию Харди–Вайнберга по обоим исследуемым локусам.

Сравнивая полученные результаты с данными других исследований, можно отметить некоторые сходства и различия. Например, в исследовании Yongjiang и др. по голштинской породе наблюдалось преобладание аллеля К гена *DGAT1* (0,796), в отличие от нашего исследования (0,261), тогда как в исследовании Akyuz и др. аллель А также, как и в нашей работе, является доминирующим (0,76).

Что касается гена *GH*, то наши результаты показывают более высокую частоту аллеля L (0,940) по сравнению с голштинским поголовьем отечественной селекции, где частота аллеля L составила 0,82. Также исследование поголовья коров голштинской породы в Турции показали более низкую частоту аллеля L (0,87). Это может быть связано с различиями в селекционных программах или генетической структуре популяций в разных регионах.

По-видимому, наблюдаемые различия в частотах аллелей и генотипов между

популяциями обусловлены различными факторами, такими как направление селекции, генетический дрейф, эффект основателя или различия в происхождении животных.

Заключение. Таким образом, исследование полиморфизма гена *DGAT1* и *GH* у голштинских коров остается актуальной темой в области молекулярной генетики молочного скотоводства. Исследование показывает, что, несмотря на интенсивную селекцию, популяция сохраняет генетическое разнообразие по изученным локусам. Это может способствовать поддержанию адаптивного потенциала породы и возможности дальнейшего улучшения продуктивных качеств. Дальнейшие исследования в этой области могут способствовать улучшению понимания генетических механизмов, лежащих в основе вариаций молочной продуктивности, и помочь в разработке более эффективных стратегий селекции с целью улучшения производства молока и его качества у голштинской породы коров.

Список источников

1. Zamorano-Algandar R, Medrano J.F., Thomas M.G., Enns R.M., Speidel S.E., Sánchez-Castro M.A., Luna-Nevárez G., Leyva-Corona J.C., Luna-Nevárez P. Genetic Markers Associated with Milk Production and Thermotolerance in Holstein Dairy Cows Managed in a Heat-Stressed Environment. *Biology*. 2023. Vol. 12 Issue 5. P. 679. DOI: 10.3390/biology12050679
2. Pishchan I.S., Pishchan S.G., Lytvyschenko L.O., Honchar A.O., Horchanok A.V., Mylostyvyi R.V., Kapshuk N.O., Kuzmenko O.A. Assessment of the Adaptive Stability of the Holstein Cows in the Conditions of the Ecological Plasticity in Northern Steppe of Ukraine. *Indian Journal of Animal Research*. 2021. Vol. 55. Issue. 9: Pp. 1111-1115. DOI: 10.18805/ijar.B-1258.
3. Костюнина О.В., Бакай А.М., Бушова Г.А., Лепехина Т.В., Гладырь Е.А. Влияние генотипов по ДНК-маркерам на показатели молочной продуктивности коров чернопестрой породы. *Достижения науки и техники АПК*. 2011. № 10. С. 33-34. EDN OIYBIJ.
4. Khan M.Z., Ma Y., Ma J., Xiao J., Liu Y., Liu S., Khan A., Khan I.M., Cao Z. Association of *DGAT1* With Cattle, Buffalo, Goat, and Sheep Milk and Meat Production Traits. *Frontiers in Veterinary Science*. 2021. Vol. 8. P. 712470. DOI: 10.3389/fvets.2021.712470
5. Ünal E. Ö., Kepenek E. Ş., Dinç H., Özer F., Sönmez G., Togan I., Soysal M. I. Growth hormone (GH), prolactin (PRL), and diacylglycerol acyltransferase (*DGAT1*) gene polymorphisms in Turkish native cattle breeds. *Turkish Journal of Zoology*. 2015. Vol. 39: No. 5, Pp. 734-748. DOI: 10.3906/zoo-1409-9
6. Molee A., Poompramun C., Mernkrathoke P. Effect of casein genes - beta-LGB, *DGAT1*, GH, and LHR - on milk production and milk composition traits in crossbred Holsteins. *Genetics and Molecular Research*. 2015. Vol. 14. No. 2. Pp. 2561-2571. DOI: 10.4238/2015.
7. Sanjayanaraj I., MacGibbon A.K.H., Holroyd S.E., Janssen P.W.M., Blair H.T., Lopez-Villalobos N. Association of Single Nucleotide Polymorphism in the *DGAT1* Gene with the Fatty Acid Composition of Cows Milked Once and Twice a Day. *Genes*. 2023. Vol. 14. No. 3. P. 767. DOI: 10.3390/genes14030767
8. Grisart B., Coppieters W., Farnir F., Karim L., Ford C., Berzi P., Cambisano N., Mni M., Reid S., Simon P., Spelman R., Georges M., Snell R.. Positional candidate cloning of a QTL in dairy cattle: identification of a missense mutation in the bovine *DGAT1* gene with major effect on milk yield and composition. *Genome research*. 2002. Vol. 12. No. 2. Pp. 222-

231. DOI: 10.1101/gr.224202.

9. Михалюк А.Н., Танана Л.А., Епишко О.А., Кузьмина Т.И. Влияние генов диацилглицерол О-ацилтрансферазы 1 (DGAT1) и соматотропина (GH) на показатели молочной продуктивности коров красной белорусской породной группы. Генетика и разведение животных. 2020. № 2. С. 31–36. – EDN FPQPGC.

10. Thaller G., Krämer W., Winter A., Kaupe B., Erhardt G., Fries R. Effects of DGAT1 variants on milk production traits in German cattle breeds. *Journal of Animal Science*. 2003. Vol. 81. Issue 8. Pp. 1911-1918. DOI: 10.2527/2003.8181911x

11. Ярышкин А.А., Шаталина О.С., Ткаченко И.В., Лешонок О.И. Ассоциации полиморфизма гена соматотропина (GH) с показателями молочной продуктивности коров. Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2023. 53 (4):107–113. DOI: 10.26898/0370-8799-2023-4-12.

12. Goddard M.E., Hayes B.J. Mapping genes for complex traits in domestic animals and their use in breeding programmes. *Nature reviews. Genetics*. 2009. Vol. 10. No. 6. Pp. 381-391. 2009. DOI: 10.1038/nrg2575

13. Dekkers J.C. Commercial application of marker-and gene-assisted selection in livestock: Strategies and lessons. *Journal of animal science*. 2004. Vol. 82. No. 13. Pp. 313-328 DOI:10.2527/2004.8213_supplE313x

14. Бейшова И.С., Белая Е.В., Поддудинская Т.В. Полиморфизм гена гормона роста у коров голштинской породы казахстанской селекции. *3i: Intellect, Idea, Innovation - интеллект, идея, инновация*. 2019. № 1. С. 68–76. – EDN EHQYNL.

15. Юльметьева Ю., Шакиров Ш., Миннахметов А., Фатхутдинов Н. Связь полиморфных вариантов генов молочных белков и гормонов с признаками молочной продуктивности крупного рогатого скота. Молочное и мясное скотоводство. 2013. № 7. С. 23–25. – EDN RLNLPH.

References

1. Zamorano-Algandar R, Medrano J.F., Thomas M.G., Enns R.M., Speidel S.E., Sánchez-Castro M.A., Luna-Nevárez G., Leyva-Corona J.C., Luna-Nevárez P. Genetic Markers Associated with Milk Production and Thermotolerance in Holstein Dairy Cows Managed in a Heat-Stressed Environment. *Biology*. 2023. Vol. 12 Issue 5. P. 679. DOI: 10.3390/biology12050679

2. Pishchan I.S., Pishchan S.G., Lytvyschenko L.O., Honchar A.O., Horchanok A.V., Mylostyvyi R.V., Kapshuk N.O., Kuzmenko O.A. Assessment of the Adaptive Stability of the Holstein Cows in the Conditions of the Ecological Plasticity in Northern Steppe of Ukraine. *Indian Journal of Animal Research*. 2021. Vol. 55. Issue. 9: P. 1111-1115. DOI: 10.18805/ijar.B-1258.

3. Kostyunina O.V., Bakai A.M., Bushova G.A., Lepekhina T.V., Gladyr E.A. Influence of genotypes by DNA markers on the indicators of dairy productivity of black-and-white cows. *Achievements of science and technology of the agro-industrial complex*. 2011. No. 10. P. 33-34. EDN OIYBIJ.

4. Khan M.Z., Ma Y., Ma J., Xiao J., Liu Y., Liu S., Khan A., Khan I.M., Cao Z. Association of DGAT1 With Cattle, Buffalo, Goat, and Sheep Milk and Meat Production Traits. *Frontiers in Veterinary Science*. 2021. Vol. 8. P. 712470. DOI: 10.3389/fvets.2021.712470

5. Ünal E. Ö., Kepenek E. Ş., Dinç H., Özer F., Sönmez G., Togan I., Soysal M. I. Growth hormone (GH), prolactin (PRL), and diacylglycerol acyltransferase (DGAT1) gene polymor-

- phisms in Turkish native cattle breeds. *Turkish Journal of Zoology*. 2015. Vol. 39: No. 5, P. 734-748. DOI: 10.3906/zoo-1409-9
6. Molee A., Poompramun C., Mernkrathoke P. Effect of casein genes - beta-LGB, DGAT1, GH, and LHR - on milk production and milk composition traits in crossbred Holsteins. *Genetics and Molecular Research*. 2015. Vol. 14. No. 2. P. 2561-2571. DOI: 10.4238/2015.
7. Sanjayananj I., MacGibbon A.K.H., Holroyd S.E., Janssen P.W.M., Blair H.T., Lopez-Villalobos N. Association of Single Nucleotide Polymorphism in the DGAT1 Gene with the Fatty Acid Composition of Cows Milked Once and Twice a Day. *Genes*. 2023. Vol. 14. No. 3. P. 767. DOI: 10.3390/genes14030767
8. Grisart B., Coppieters W., Farnir F., Karim L., Ford C., Berzi P., Cambisano N., Mni M., Reid S., Simon P., Spelman R., Georges M., Snell R.. Positional candidate cloning of a QTL in dairy cattle: identification of a missense mutation in the bovine DGAT1 gene with major effect on milk yield and composition. *Genome research*. 2002. Vol. 12. No. 2. P. 222-231. DOI: 10.1101/gr.224202.
9. Mikhaliuk A.N., Tanana L.A., Epishko O.A., Kuzmina T.I. Effect of diacylglycerol O-acyltransferase 1 (DGAT1) and somatotropin (GH) genes on the milk productivity of cows of the red Belarusian breed group. *Genetics and animal breeding*. 2020. No. 2. P. 31 – 36. – EDN FPQPGC.
10. Thaller G., Krämer W., Winter A., Kaupe B., Erhardt G., Fries R. Effects of DGAT1 variants on milk production traits in German cattle breeds. *Journal of Animal Science*. 2003. Vol. 81. Issue 8. P. 1911-1918. DOI: 10.2527/2003.8181911x
11. Yaryshkin A.A., Shatalina O.S., Tkachenko I.V., Leshonok O.I. Associations of polymorphism of the somatotropin (GH) gene with parameters of dairy productivity of cows. *Siberian Bulletin of Agricultural Science*. 2023. 53(4):107-113. DOI: 10.26898/0370-8799-2023-4-12
12. Goddard M.E., Hayes B.J. Mapping genes for complex traits in domestic animals and their use in breeding programmes. *Nature reviews. Genetics*. 2009. Vol. 10. No. 6. P. 381-391. 2009. DOI: 10.1038/nrg 2575
13. Dekkers J.C. Commercial application of marker-and gene-assisted selection in livestock: Strategies and lessons. *Journal of animal science*. 2004. Vol. 82. No. 13. P. 313-328 DOI:10.2527/2004.8213_supplE313x
14. Beishova I.S., Belaia E.V., Poddudinskaia T.V. Polymorphism of the growth hormone gene in Holstein cows of Kazakh breeding. 3i: Intellect, Idea, Innovation. 2019. No. 1. P. 68 – 76. – EDN EHQYNL.
15. Yulmeteva Yu., Shakirov Sh., Minnakhmetov A., Fatkhutdinov N. Relationship of polymorphic variants of milk protein and hormone genes with traits of dairy productivity in cattle. *Dairy and beef cattle farming*. 2013. No. 7. P. 23–25. – EDN RLNLPH.

Сведения об авторах

Алий-бек Данильбекович Хаудов, научный сотрудник лаборатории молекулярной селекции и биотехнологии, Кабардино-Балкарского научного центра РАН; 360010, Россия, г. Нальчик, ул. Балкарова, 2; aliy-beck@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-5187-3229

Жираслан Хаутиевич Курашев, к. с.-х. н., заведующий лабораторией молекулярной селекции и биотехнологии Кабардино-Балкарского научного центра РАН; 360010, Россия, г. Нальчик, ул. Балкарова, 2; ассистент кафедры нормальной и патологической анатомии человека медицинской академии Кабардино-Балкарского государственного университета им. Х.М. Бербекова; 360004, Россия, г. Нальчик, ул. Чернышевского, 173.

kurashev-j@mail.ru, ORCID: 0000-0001-9442-6122

Слонов Тимур Людинович, к.б.н., доцент кафедры биологии, геоэкологии и молекулярно-генетических основ живых систем института химии и биологии Кабардино-Балкарского государственного университета им. Х.М. Бербекова; 360004, Россия, г. Нальчик, ул. Чернышевского, 173. tlepsch07@mail.ru, ORCID: 0000-0003-2733-0598

Жекамухов Магомед Хасанович, к.с.-х.н., директор института сельского хозяйства Кабардино-Балкарского научного центра РАН; 360004, Россия, г. Нальчик, ул. Кирова, 224; m.zhak.74@mail.ru, ORCID: 0000-0002-8762-0864

Information about the authors

A. D. Khaudov, Researcher, Laboratory of Molecular Breeding and Biotechnology, Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences;

360010, Russia, Nalchik, 2 Balkarova str;

aliy-beck@yandex.ru, ORCID: [https:// orcid.org/0000-0002-5187-3229](https://orcid.org/0000-0002-5187-3229)

Zh. Kh. Kurashev, Candidate of Agricultural Sciences, Head of the Laboratory of Molecular Breeding and Biotechnology, Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences; 360010, Russia, Nalchik, 2 Balkarova str; 2; Assistant of the Department of Normal and Pathological Human Anatomy of the Medical Academy of Kabardino-Balkarian State University named after Kh.M. Berbekov; 360004, Russia, Nalchik, 173 Chernyshevskogo str.

kurashev-j@mail.ru ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9442-6122>

T. L. Slonov, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Biology, Geoecology and Molecular Genetic Foundations of Living Systems, Institute of Chemistry and Biology of Kabardino-Balkarian State University named after Kh.M. Berbekov; 360004, Russia, Nalchik, 173 Chernyshevskogo str.

tlepsch07@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2733-0598>

M. Kh. Zhekamukhov, Candidate of Agricultural Sciences, Director of the Institute of Agriculture of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences; 360004, Russia, Nalchik, 224 Kirova str.

m.zhak.74@mail.ru, ORCID: [https:// orcid.org/ 0000-0002-8762-0864](https://orcid.org/0000-0002-8762-0864)

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 08.10.2024; одобрена после рецензирования 17.10.2024; принята к публикации 17.12.2024.

The article was submitted 08.10.2024; approved after reviewing 17.10.2024; accepted for publication 17.12.2024.

Хаудов А.Д., Курашев Ж.Х., Слонов Т.Л., Жекамухов М.Х.

Сельскохозяйственный журнал. 2024. № 4 (17). С. 171-177
Agricultural journal. 2024; 17 (4). P. 171-177

Зоотехния и ветеринария

Научная статья

УДК: 636.5.034.082.46

DOI: 10.48612/FARC/2687-1254/017.4.17.2024

РАННЯЯ ОЦЕНКА ЯИЧНОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ И СЕЛЕКЦИОННЫЙ ПРИЗНАК ДЛЯ ЯЙЦЕНОСКИХ ПОРОД КУР

Шиняка Юрьевич Чимидов¹, Вячеслав Иванович Щербатов¹, Ангелина Руслановна Шимко²

¹Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина», Россия, г. Краснодар, e-mail: shinyaka@mail.ru

²Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Северо-Кавказский федеральный университет» г. Ставрополь

Аннотация. Статья посвящена разработке способа раннего прогнозирования и оценки яйценоскости высокопродуктивных кроссов яичных кур. Научные исследования на линейных курах материнской формы кросса УК 456 в АО ППЗ «Лабинский» в период 2015-2016 гг. Учёт яйцекладки и возраста наступления половозрелости вёлся индивидуально по каждой особи с возраста 120 дней и всего продуктивного периода. Начальное поголовье кур в группе 166 голов. Изучали циклы яйцекладки и интервалы между ними, влияние их на яйценоскость кур, массу яиц и упругую деформацию скорлупы. Установлено, что ранняя половозрелость достоверно коррелировала с яйценоскостью кур. При этом куры, рано достигшие половозрелости уступали в среднем на 80 г по живой массе более позднеспелой птице. Несушки с высокой яйценоскостью достигали возраста половозрелости в среднем на 6 дней раньше, чем куры с меньшей яйценоскостью. С возрастом несушки, в особенности в последние месяцы продуктивного периода сокращается длина циклов, возрастает число интервалов и их продолжительность. Наиболее контрастно это проявляется на менее яйценоской птице. Не установлено влияния циклов и интервалов в яйценоскости кур на массу яиц и прочность скорлупы. Предлагается, с целью повышения яйценоскости проводить отбор кур по достижению половозрелости в раннем возрасте.

Ключевые слова: яйценоскость, половозрелость, циклы, интервалы, корреляции, несушки, индивидуальное содержание кур, селекция.

Для цитирования: Чимидов Ш. Ю., Щербатов В. И., Шимко А. Р. Ранняя оценка яичной продуктивности и селекционный признак для яйценоских пород кур // Сельскохозяйственный журнал. 2024. № 4 (17). С. 171-177.

DOI: 10.48612/FARC/2687-1254/017.4.17.2024

Zootechny and veterinary science

Original article

EARLY EVALUATION OF EGG PRODUCTIVITY AND A SELECTION TRAIT FOR EGG-LAYING BREEDS OF HENS**Shiniaka Yu. Chimidov¹, Viacheslav I. Shcherbatov¹, Angelina R. Shimko²**¹Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin”, Russia, Krasnodar, e-mail: shinyaka@mail.ru²Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “North Caucasus Federal University”, Stavropol

Abstract. The article is devoted to the development of a method for early prediction and evaluation of egg production of highly productive crosses of laying hens. Scientific researches were carried out on line hens of the female parent of the UK 456 cross in JSC poultry breeding farm “Labinsky” during the period 2015-2016. Egg laying and the age of maturity were recorded individually for each hen from the age of 120 days and the entire productive period. The initial number of hens in the group was 166 head. Egg-laying cycles and intervals between them, their effect on the egg production of hens, egg weight and elastic deformation of the shell were studied. It was found that early maturity significantly correlated with the egg production of hens. At the same time, hens that reached maturity early, were inferior on average by 80 g in live weight to late maturing birds. Laying hens with high egg production reached the age of maturity on average 6 days earlier than hens with lower egg production. With the age of the laying hen, especially in the last months of the productive period, the length of cycles decreases, and the number of intervals and their duration increases. This is most pronounced on less egg-laying birds. The effect of cycles and intervals in the egg production of hens on egg weight and shell strength has not been established. In order to increase egg production, it is proposed to select hens at an early age of maturity.

Keywords: egg production, maturity, cycles, intervals, correlations, laying hens, individual maintenance of chickens, selective breeding.

For citation: Chimidov Sh. Yu., Shcherbatov V. I., Shimko A. R. Early evaluation of egg productivity and a selection trait for egg-laying breeds of hens // Agricultural Journal. 2024. No. 17 (4). P. 171-177. DOI: 10.48612/FARC/2687-1254/017.4.17.2024

Введение. Вопросы, связанные с достижением птицей оптимального возраста половозрелости (возраст снесения первого яйца), и факторах его определяющих регулярно обсуждаются в научных статьях. Создание новых пород и кроссов сельскохозяйственной птицы и их внедрение в производство неизменно требуют уточнения влияния этого показателя в развитии птицы на её яйценоскость и качество яиц.

Так ряд исследований, проведённых на яичных породах коричневоскорлупных кур, показали, что молодки, достигшие живой массы 1,64 кг в 16 недель начинали яйцекладку в 136 дневном возрасте. Интенсивность яйцекладки у них была достоверно ниже, чем у позднеспелых. Рано созревшие молодки откладывали больше мелких яиц, и эффективность оплаты корма также была низкой [1,2,3]. Раннеспелые молодки имели ниже качество белка и толщину скорлупы яиц [4]. В то же время, в работе Kolstad N.

установлена низкая отрицательная корреляция между возрастом полового созревания и количеством снесенных яиц (-0,18) и яичной массой (-0,13) [5]. Но высказывается и другое противоположное мнение, что низкий коэффициент наследуемости возраста снесения первого яйца у кур ($0,14 \pm 0,03$) предполагает создание оптимальных условий выращивания молодняка для достижения ранней половозрелости, так как чем раньше заняты куры, тем выше их яйценоскость и масса яиц за продуктивный период [6,7,8,9].

В опытах А. Егоровой, Л. Шахновой [10] изучали возможность прогнозирования яйценоскости мясных пород кур в зависимости от длины циклов яйцекладки. Коэффициенты корреляции длины циклов с живой массой кур породы корниш и плимутрок были низкими, соответственно 0,15 и 0,1. Так же установлено, что длина циклов положительно коррелирует с яйценоскостью кур. Так у кур породы плимутрок при длине цикла 5-6 дней яйценоскость была 157-159 штук яиц, а при цикле 16 дней и больше 184-188.

Яйценоскость кур зависит от продолжительности интервалов между циклами. При высокой яйценоскости длина интервалов не превышает в среднем одного дня. Чем выше длина интервалов, тем ниже яйценоскость.

По мнению авторов, яйценоскость в большей степени зависит от длины циклов, чем от интервалов между ними. Предполагают осуществлять отбор по яйценоскости кур в возрасте 27-30 недель жизни с учётом длины цикла в первый месяц яйцекладки [10].

В опытах на яичных курах кросса УК 456 при средней продолжительности цикла яйцекладки 17,6 дня яйценоскость несушек была выше на 30%, чем в группе низкопродуктивных кур с продолжительностью цикла 5,9 дней. При этом продолжительность интервалов у них была 29,4 дня за продуктивный период, по сравнению с группой высокопродуктивных 1,2 интервала в среднем. Отмечают увеличение количества интервалов при сокращении циклов и снижении яйценоскости кур в третьей фазе яйцекладки, независимо от их яичной продуктивности. Однако, контрастность таких изменений в большей степени характерны для низкопродуктивной птицы [11, 12, 13].

Цель исследования - разработать способ раннего прогнозирования яйценоскости кур-несушек.

Материал и методы исследований. Исследования проводились по данным учёта яичной продуктивности материнской линии в материнской форме кросса УК 456 в АО ППЗ «Лабинский» при индивидуальном содержании несушек в период 2015-2016 гг. поголовье поставленных на учёт 166 голов. Яйценоскость и время достижения половой зрелости учитывали с момента комплектования в 120 дней и течение 10 месяцев продуктивного периода. Кормление несушек осуществляли по нормам и питательности кормов разработанных ВНИТИП (2004) для яйценоских кур. Световой режим прерывистый. По результатам исследований вся популяция была разделена на три группы по яйценоскости: к группе высокопродуктивных кур относили несушек с яйценоскостью 260 штук яиц и более, к низкопродуктивным несушкам птицу с продуктивностью 230 штук яиц и менее. Несушки с яйценоскостью 231-259 яиц представляли группу с средней продуктивностью.

В процессе исследований учитывали количество и продолжительность циклов яйцекладки, количество и длину интервалов, массу яиц и упругую деформацию скорлупы по каждой несушке. Биометрическую обработку полученных данных осуществляли с использованием программ Microsoft Excel 2018.

Результаты исследований и их обсуждение. Из всей популяции высокопродуктивные куры занимали 41,6%, низкопродуктивные 9,6% и 48,8% несушки с средней продуктивностью (таблица).

Установлено, что несушки с высокой яйценоскостью раньше достигали полового созревания в среднем на 6 дней, при массе 1500 г, чем низкопродуктивная птица при массе 1540 г. Этот факт входит в некоторое противоречие с данными более ранних исследований, по результатам которых слишком ранняя половозрелость сокращает срок продуктивного использования несушек и снижает массу яиц [14].

На наш взгляд, это является следствием интенсивной селекции на снижение массы тела несушек, прежде всего коричневоскорлупных кроссов, на среднюю массу яиц 61-62 г при снижении суточной нормы корма за счет повышения эффективности его использования. Решением этих проблем занимались сотрудники АО ППЗ «Лабинский» [15].

Таблица

Показатели анализируемых признаков в яйценоскости кур

Table

Characteristics of the analyzed traits in the egg production of hens

Показатели	Группа			Общая вы- борка
	Высоко- продук- тивные	Средней продук- тивности	Низкопро- дуктивные	
Количество голов	69	81	16	166
Средняя яйценоскость, шт.	267,81±0,7	248,49±0,8	205,38±5,2	252,4±1,6
Возраст половозрелости, дн.	138,88±0,8	142,96±0,7	144,81±1,3	141,5±0,5
Количество циклов, ед.	17,65±0,7	26,43±0,8	38,56±2,3	23,95±0,7
Количество интервалов, ед.	15,88±0,6	24,74±0,8	37,25±2,3	22,27±0,7
Длина интервалов за яйцекладку, дн.	18,7±0,8	32,95±1	74,75±5,6	31,05±1,5
Средняя длина циклов, дн.	16,57±0,63	10,16±0,4	5,71±0,5	12,40±0,4
Средняя длина интервалов, дн.	1,18±0,02	1,34±0,1	2,17±0,3	1,35±0,1

Сама яйцекладка состоит из перемежающихся циклов и интервалов, Циклы это период времени, когда яйца сносятся без перерыва, а интервалы – это период отсутствия яйцекладки.

У высокопродуктивных несушек большая (почти в 3 раза) продолжительность циклов кладки при меньшем их количестве за продуктивный период, по сравнению с низкопродуктивными курами. Характерно для них меньшее количество интервалов (15,88 против 37,25) и продолжительность в среднем 1,18 дня против 2,17 дня в группе низкопродуктивных несушек. При этом разница по показателям яйценоскости, циклам и интервалам достоверна при $P < 0,05$ (рисунок).

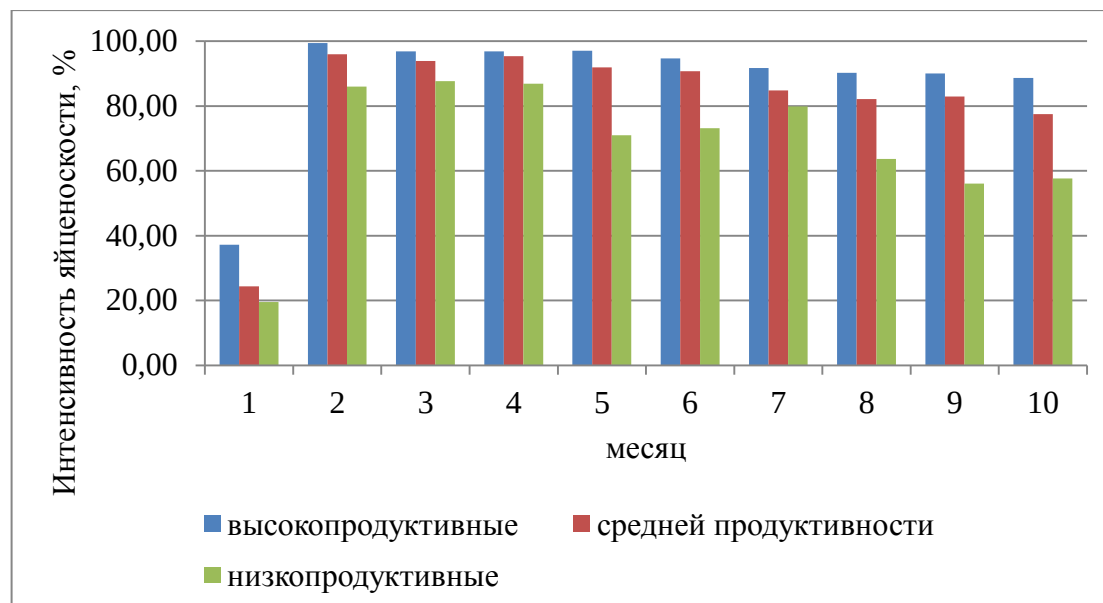


Рисунок. Интенсивность яйценоскости кур-несушек разных групп
Figure. Intensity of egg production capacity of laying hens of different groups

Установленные корреляционные связи между изучаемыми признаками показали, что наиболее высокие уровни корреляции характерны для высокопродуктивных несушек, та категория кур, на которую нацелен ранний отбор. Так корреляция между половозрелостью и яйценоскостью были на уровне $-0,51$, то есть, чем раньше заносятся молодки, тем выше была яйценоскость кур. Для молодок с ранней половозрелостью характерно меньшее количество циклов яйцекладки $-0,61$, хотя количество циклов слабо отрицательно коррелировало с яйценоскостью $-0,18$. Для других групп несушек, эти взаимосвязи выглядели менее контрастно.

Заключение. Установлена отрицательная корреляция между возрастом достижения половозрелости молодок и яйценоскостью несушек. Рекомендуем отбор кур проводить по возрасту снесения первого яйца в раннем возрасте.

Высокояйценоские куры, достигшие половозрелости в раннем возрасте, имеют продолжительные циклы кладки при меньшем их количестве.

Список источников

1. Shanawany M. M. Food restriction vs. lighting to delay sexual maturity // Misset World Poultry. 1994. Vol. 10, № 7. P. 37-39.
2. Штеле, А. Л. Научное обоснование раннего прогнозирования яичной продуктивности кур // Птицеводство. 2013. № 6. С. 2-7. EDN RBRLRB.
3. Штеле, А. Л. Повышение яйценоскости у высокопродуктивных кур и проблема ее раннего прогнозирования. – DOI 10.15389/agrobiology.2014.6.26rus // Сельскохозяйственная биология. 2014. Т. 49, № 6. С. 26-35. – EDN TEPGCD.
4. Effects of early maturation of brown egg-type pullets, flock uniformity, layer protein level, and cage design on egg production, egg size, and egg quality / L. J. Kling, R. O. Hawes, R. W. Gerry, W. A. Halteman // Poultry Sci. 1985. Vol. 64, № 6. P. 1050-1059.
5. Kolstad, N. Arvbarhet og korrelasjoner for økonomisk viktige egenskaper hos verpehens // Meld. Norges Landbrukshogskole. 1972. Vol. 51, № 6. P. 1-13.
6. Mishra P. S., Jorah K. S. Singh Ashok Genetic study of age first egg in white leghorn strains // Indian Vet. Med. I. 1987. Vol. 11, № 4. P. 245-2460.

7. Tserveni-Gousi A. S. The egg weight curve in pullets selected for early sexual maturity // Poultry Sc. 1993. Vol. 72, № 6. P. 1018-1024.
8. Погодаев В. А., Романенко И. В. Энергия роста и показатели обмена веществ у чистопородных и гибридных индеек – DOI 10.30975/2073-4999-2023-25-5-20-23 // Птица и птицепродукты. 2023. № 5. С. 20-23. – EDN ZIKZEK.
9. Погодаев В. А., Роженцова М. И. Особенности роста молодняка индеек при использовании пробиотиков на основе бифидобактерий– DOI 10.30975/2073-4999-2022-24-2-33-36 // Птица и птицепродукты. 2022. № 2. С. 33-36. – EDN PURUTB.
10. Егорова А., Шахнова Л. Селекция мясных кур по яйценоскости // Животноводство России. 2012. № 3. С. 5-6.
11. Шкуро А. Г., Щербатов В. И. Циркадные ритмы в биологии сельскохозяйственной птицы // Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина. – Краснодар : КубГАУ, 2022. 209 с.
12. Shcherbatov V. I., Shkuro A. G. Cycles and Intervals in Hen Egg Laying– DOI 10.1051/e3sconf/202128504009 // E3S Web of Conferences. 2021. Vol. 285. P. 04009. – EDN SZFVQA.
13. Щербатов, В. И., Пахомова Т. И., Шкуро А. Г. Ритмы в яйцекладке кур – DOI 10.33845/0033-3239-2019-68-9-10-75-79 // Птицеводство. 2019. № 9-10. С. 75-79. – EDN XTU-UNQ.
14. Бондарева Э. И. Влияние режима прерывистого освещения на яичную продуктивность ремонтных курочек разной живой массы // Изв. ТСХА. 1996. №1. С. 177-188.
15. Кроссы селекции ФГУП ППЗ «Свердловский» / А. П. Безусова, А. К. Грачев, В. А. Ивашкин [и др.] // Био. 2003. №3. С. 6-8.

References

1. Shanawany M. M. Food restriction vs. lighting to delay sexual maturity // Misset World Poultry. 1994. Vol. 10, No. 7. P. 37-39.
2. Stehle A. L. Scientific substantiation of early forecasting of egg productivity of hens // Poultry farming. 2013. No. 6. P. 2-7. – EDN RBRLRB.
3. Stehle A. L. Increased egg production in highly productive hens and the problem of its early prediction – DOI 10.15389/agrobiology.2014.6.26rus // Agricultural biology. 2014. Vol. 49, No. 6. P. 26-35. EDN TEPGCD.
4. Effects of early maturation of brown egg-type pullets, flock uniformity, layer protein level, and cage design on egg production, egg size, and egg quality / L. J. Kling, R. O. Hawes, R. W. Gerry, W. A. Halteman // Poultry Sci. 1985. Vol. 64, No. 6. P. 1050-1059.
5. Kolstad, N. Arvbarhet og korrelasjoner for økonomisk viktige egenskaper hos verpehens // Meld. Norges Landbrukshogskole. 1972. Vol. 51, No.6. P. 1-13.
6. Mishra P. S., Jorah K. S. Singh Ashok Genetic study of age first egg in white leghorn strains // Indian Vet. Med. I. 1987. Vol. 11, No.4. P. 245-2460.
7. Tserveni-Gousi A. S. The egg weight curve in pullets selected for early sexual maturity // Poultry Sc. 1993. Vol. 72, No.6. P. 1018-1024.
8. Pogodaev V. A., Romanenko I. V. Growth capacity and metabolic parameters in purebred and hybrid turkeys – DOI 10.30975/2073-4999-2023-25-5-20-23 // Poultry and poultry products. 2023. No. 5. P. 20-23. – EDN ZIKZEK.
9. Pogodaev V. A., Rozhentsova M. I. Growth characteristics of young turkeys when using probiotics based on bifidobacteria – DOI 10.30975/2073-4999-2022-24-2-33-36 // Poultry and chicken products. 2022. No. 2. P. 33-36. – EDN PURUTB.
10. Egorova A., Shakhnova L. Selection of meat chickens by egg production // Animal Husbandry of Russia. 2012. No. 3. P. 5-6.
11. Shkuro A. G., Shcherbatov V. I. Circadian rhythms in the biology of poultry // Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin. – Krasnodar : KubSAU, 2022. 209 p.

12. Shcherbatov V. I., Shkuro A. G. Cycles and Intervals in Hen Egg Laying – DOI 10.1051/e3sconf/202128504009 // E3S Web of Conferences. 2021. Vol. 285. P. 04009. – EDN SZFVQA.
13. Shcherbatov, V. I., Pakhomova T. I., Shkuro A. G. Rhythms in egg-laying of hens – DOI 10.33845/0033-3239-2019-68-9-10-75-79 // Poultry farming. 2019. No. 9-10. P. 75-79. – EDN XTUUNQ.
14. Bondareva E. I. Influence of intermittent lighting regime on the egg productivity of replacement chickens of different live weight // Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy. 1996. No. 1. P. 177-188.
15. Crosses of selective breeding of the Federal Unitary Enterprise Poultry Breeding Farm “Sverdlovsky” / A. P. Bezusova, A. K. Grachev, V. A. Ivashkin [et al.] // Bio. 2003. No.3. P. 6-8.

Сведения об авторах

Шиняка Юрьевич Чимидов, аспирант, ассистент кафедры разведения сельскохозяйственных животных и зоотехнологий ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина». Тел. +7 966 766 62-08. E-mail: shinyaka@mail.ru, ORCID: 0009-0000-9842-6293.

Вячеслав Иванович Щербатов, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой разведения сельскохозяйственных животных и зоотехнологий ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина». Тел. +7 961 500-16-78. E-mail: scherbатов023@mail.ru, ORCID: 0000-0001-9813-3909.

Ангелина Руслановна Шимко, студент Северо-Кавказский федеральный университет, факультет пищевой инженерии и биотехнологий, направления биотехнология, тел.: 8 (928) 302-66-34, e-mail: cristal-lina@mail.ru, ORCID 0009-0001-6046-4208

Information about the authors

Sh. Yu. Chimidov, postgraduate student, Assistant of the Department of Farm Animal Breeding and Zootechnologies of the FSBEI HE “Kuban State Agrarian University named after I.T. Trublin”. Tel. +7 966 766 62-08. E-mail: shinyaka@mail.ru, ORCID: 0009-0000-9842-6293.

V. I. Shcherbatov, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Department of Farm Animal Breeding and Zootechnologies of the FSBEI HE “Kuban State Agrarian University named after I.T. Trublin”. Tel. +7 961 500-16-78. E-mail: scherbатов023@mail.ru, ORCID: 0000-0001-9813-3909.

A. R. Shimko, student, North Caucasus Federal University, Faculty of Food Engineering and Biotechnology, Biotechnology major, tel.: 8 (928) 302-66-34, e-mail: cristal-lina@mail.ru, ORCID 0009-0001-6046-4208

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

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

Статья поступила в редакцию 25.11.2024; одобрена после рецензирования 02.12.2024; принята к публикации 17.12.2024.

The article was submitted 25.11.2024; approved after reviewing 02.12.2024; accepted for publication 17.12.2024.

Чимидов Ш. Ю., Щербатов В. И., Шимко А. Р.

Сельскохозяйственный журнал. 2024. № 4 (17). С. 178-189
Agricultural journal. 2024; 17 (4). P. 178-189

Зоотехния и ветеринария

Научная статья

УДК: 636.22/.28(470.63)

DOI: 10.48612/FARC/2687-1254/018.4.17.2024

ПЛЕМЕННОЙ ПОТЕНЦИАЛ МЯСНОГО СКОТОВОДСТВА СТАВРОПОЛЬСКОГО КРАЯ (обзор)

**Анатолий Феоодович Шевхужев, Марина Павловна Дубовскова,
Владимир Владимирович Голембовский, Лидия Валентиновна Кононова**

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

Аннотация. В статье раскрываются аспекты изучения зоотехнических параметров и генетических ассоциаций с признаками продуктивности крупного рогатого скота мясных пород, разводимых на территории Ставропольского края, применения новых подходов на основе молекулярно-генетических методов с целью повышения производства и улучшения качества говядины. В работе также дается характеристика ресурсного потенциала мясного скотоводства Ставропольского края: кормовой базы, качественного и породного состава скота, численности племенных предприятий, кадрового потенциала отрасли, организации селекционно-племенной работы. В регионе идёт интенсивное формирование мясного подкомплекса. За 2021–2023 годы поголовье крупного рогатого скота мясных пород в сельскохозяйственных предприятиях увеличилось на 9,9 %, но остаётся ниже уровня 2019 года. Промышленным откормом молодняка заняты хозяйства девятнадцать из двадцати шести районов края. Регион располагает необходимой ресурсной базой как для экстенсивного, так и для интенсивного развития отрасли. Весь выращиваемый в крае мясной скот является чистопородным и высококлассным, среди которого 48 % приходится на скот калмыцкой породы, 28 % – на скот герефордской и 24 % – казахской белоголовой пород. Содержащиеся в племенных хозяйствах региона 57,5 % коров имеют возраст от 6 лет и старше. На долю быков-производителей в 2- 4-годичном возрасте приходится 79,6 % животных.

Качественные характеристики крупного рогатого скота влияют на его продуктивность. Так, молочность коров в племенных предприятиях края варьирует от 175 кг в среднем по калмыцкой породе до 204 и 209 кг у казахского белоголового и герефордского скота. Максимальный среднесуточный прирост живой массы у молодняка казахской белоголовой породы составил 1 250 г против 1 016 и 995 г у калмыцкого и герефордского скота.

Разводимое в племенных хозяйствах Ставропольского края поголовье коров и быков-производителей в своём большинстве отвечает требованиям стандартов живой массы по породе. Выведены два новых типа мясного скота герефордской («Дмитриевский») и калмыцкой («Вознесенский») пород, превосходящих по своей продуктивности и качеству продукции.

Ключевые слова: селекция, продуктивность, Ставропольский край, мясное скотоводство, ресурсный потенциал, породный и классный состав, генетический потенциал, племенная база, типы мясного скота.

Для цитирования: Шевхужев А.Ф., Дубовскова М.П., Голембовский В.В., Кононова Л.В. Племенной потенциал мясного скотоводства Ставропольского края // Сельскохозяйственный журнал. 2024. № 4 (17). С. 178-189.
DOI: 10.48612/FARC/2687-1254/018.4.17.2024

Zootechny and veterinary science

Original article

BREEDING POTENTIAL OF BEEF CATTLE FARMING IN THE STAVROPOL TERRITORY (review article)

**Anatolii F. Shevkhuzhev, Marina P. Dubovskova, Vladimir V. Golembovskii,
Lidiia V. Kononova**

Federal State Budgetary Scientific Institution “North Caucasus Federal Agricultural Research Center”, Russia, Stavropol Territory, Mikhailovsk, e-mail: info@fhac.center

Abstract. The article reveals aspects of the study of zootechnical parameters and genetic associations with productivity traits of beef cattle, which is bred in the Stavropol Territory, the use of new approaches based on molecular and genetic methods in order to increase production and improve the quality of beef. The work also characterizes the resource potential of beef cattle breeding in the Stavropol Territory: forage base, quality and breed composition of cattle, the number of breeding enterprises, the human capacity of the industry, the organization of selection and breeding work. The meat subcomplex is being intensively formed in the region. In 2021 – 2023, the number of beef cattle in agricultural enterprises increased by 9,9%, but remains below the 2019 level. Nineteen out of twenty-six districts of the region are engaged in industrial fattening of young animals. The region has the necessary resource base for both extensive and intensive development of the industry. All beef cattle raised in the region are purebred and high-quality, of which 48% are Kalmyk cattle, 28% are Hereford cattle and 24% are Kazakh Whiteheaded cattle. 57,5% of cows kept in breeding farms of the region are 6 years old and older. The share of servicing bulls aged 2 – 4 years accounts for 79,6% of animals.

The qualitative characteristics of cattle affect their productivity. Thus, the milk yield of cows in breeding enterprises of the region varies from 175 to 204 kg, on average for the Kalmyk breed, and 209 kg for Kazakh Whiteheaded and Hereford cattle. The maximum average daily live weight gain in young Kazakh Whiteheaded cattle was 1,250 g compared to 1.016 and 995 g in Kalmyk and Hereford cattle.

The livestock of cows and servicing bulls, which are bred in the breeding farms of the Stavropol Territory, mostly meets the requirements of the standards of live weight by breed. Two new types of beef cattle of the Hereford (“Dmitrievsky”) and Kalmyk (“Voznesenovsky”) breeds, which are superior in their productivity and product quality, have been bred.

Keywords: selective breeding, productivity, the Stavropol Territory, beef cattle farming, resource potential, breed and class composition, genetic potential, breeding base, types of beef cattle.

For citation: Shevkhuzhev A.F., Dubovskova M.P., Golembovskii V.V., Kononova L.V. Breeding potential of beef cattle farming in the Stavropol Territory (review article) // Agricultural Journal. 2024. No. 17 (4). P. 178-189.
DOI:10.48612/FARC/2687-1254/018.4.17.2024

Введение. Увеличение производства качественной и конкурентоспособной говядины считается одним из стратегически важных направлений в продовольственном обеспечении населения страны и одной из актуальных задач отрасли мясного скотоводства. В последнее время в мировой селекции происходят значительные изменения, связанные с появлением новых технологий в оценке племенной ценности сельскохозяйственных животных на основе молекулярно-генетических маркеров хозяйственно ценных признаков продуктивности, позволяющих повысить точность оценки и прогнозирования экономически значимых показателей продуктивных животных.

В этой связи проявление интереса к исследованиям, направленным на выявление генетического полиморфизма в генах, связанных с формированием количественно-качественных параметров мясной продуктивности крупного рогатого скота, является современным и актуальным направлением в условиях Северо-Кавказского региона [1–7].

Если раньше приоритетным в регионе считалось разведение молочного скота, то в настоящее время параллельно с ним идёт интенсивное формирование мясного подкомплекса. Так, за последние три года в сельскохозяйственных предприятиях края наблюдается стабильный рост поголовья крупного рогатого скота мясных пород, хотя его численность всё ещё ниже уровня 2019 года (рисунок 1).

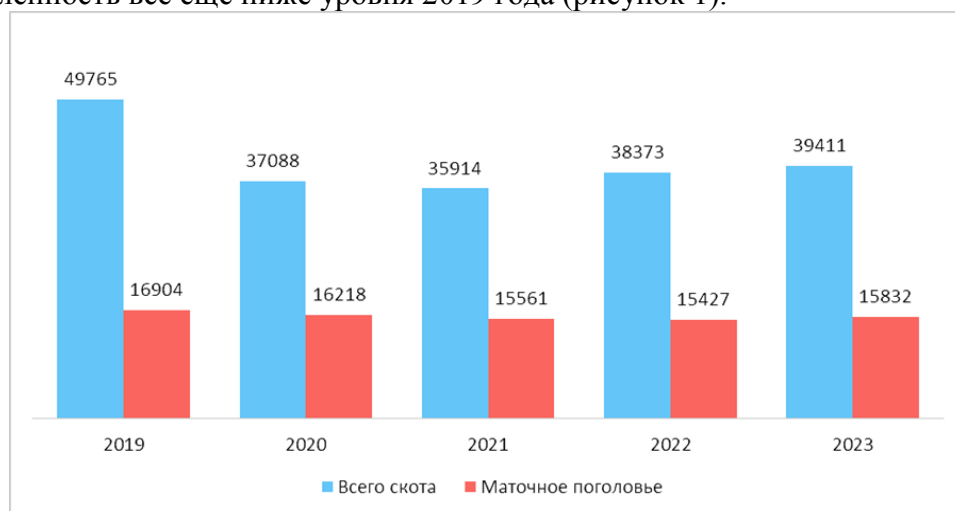


Рисунок 1. Динамическая численность крупного рогатого скота мясных пород в сельскохозяйственных предприятиях Ставропольского края, гол.

Figure 1. Dynamic number of beef cattle in agricultural enterprises of the Stavropol Territory, head.

При этом численность коров остаётся на протяжении многих лет стабильной, варьируя от 15,4 тыс. голов в 2022 году до 16,9 тыс. голов в 2019 году.

Поголовье мясного скота в племенных организациях края за 2019–2023 годы увеличилось на 4,3 % (рисунок 2).

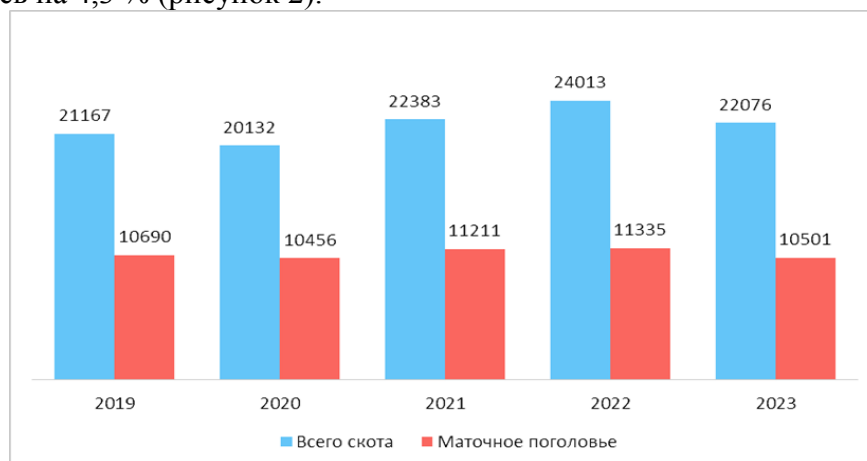


Рисунок 2. Динамическая численность крупного рогатого скота мясных пород в племенных хозяйствах Ставропольского края, гол.

Figure 2. Dynamic number of beef cattle in breeding farms of the Stavropol Territory, head.

Однако это не повлияло на количество полученных в 2023 году телят, оказавшееся даже на 7,4 % выше уровня 2022 года. В результате племенными хозяйствами было продано 2 634 голов племенного молодняка (1 036 бычков и 1 607 тёлочек), что способствовало дальнейшему развитию и расширению зон промышленного разведения мясного скотоводства. В настоящее время оно присутствует в девятнадцать из двадцати шести регионов края. Аутсайдерами здесь выступают сельскохозяйственные предприятия Грачёвского, Кочубеевского, Степновского и Труновского муниципальных образований, не занимающихся мясным скотоводством. В 2023 году к ним присоединились Александровский, Андроповский и Минераловодский районы, но, несмотря на общее сокращение, на 20,8 % за 2019–2023 годы, мясного поголовья товаропроизводители десяти районов края смогли нарастить его численность. В качестве точек отраслевого роста выступают Изобильненский (рост в 11 раз), Курский (рост в 1,8 раза), Новоалександровский (рост в 1,5 раза) и Предгорный (рост в 7,7 раз) районы [8].

Цель исследования – изучение накопленного материала в мясном скотоводстве Ставропольского края для анализа ресурсного потенциала мясных пород, выявления направления их эффективного разведения с использованием зоотехнических мероприятий и генетических ассоциаций с признаками мясной продуктивности.

Материал и методы исследований. В ходе исследования были проанализированы итоги племенной работы в мясном скотоводстве Ставропольского края с 2019–2023 годы, использованы материалы, полученные при проведении НИР учеными ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ» [8, 9].

Результаты исследований и их обсуждение. Дальнейшее увеличение поголовья мясного скота в крае зависит от наличия кормовой базы, формирующейся как за счёт естественных кормовых угодий, так и за счёт возделываемых кормовых культур, на долю которых приходится 2,9 % в структуре посевных площадей. Удельный вес сенокосов и пастбищ в крае составляет 29,9 % против 51,9 % по Северо-Кавказскому Федеральному округу и 41,8 % в среднем по стране.

Оценка состояния кормовой базы в сельскохозяйственных предприятиях края показала, что она не отвечает предъявляемым к ней требованиям. Основной проблемой

при этом являются сложности технологического характера, связанные с необходимостью соблюдения технологии их заготовки и хранения. Так, многие хозяйства несвоевременно начинают процесс заготовки кормов, в 2-3 раза растягивают сроки проведения агротехнических работ, допускают большие потери продукции. Применяемые рационы кормления зачастую не сбалансированы по основным питательным элементам в разрезе половозрастных групп. О низком качестве кормов говорит и тот факт, что за последние годы в структуре кормовых рационов наблюдается увеличение доли концентратов при сокращении количества грубых и сочных кормов, что не приводит к повышению их питательности.

Важная составляющая ресурсного потенциала мясного скотоводства – породный состав животных. В сельскохозяйственных предприятиях Ставропольского края наибольший удельный вес занимает скот калмыцкой породы (48,0 %), что обусловлено ее адаптационной способностью к засушливым летним периодам и неприхотливостью в кормлении и условиях содержания. На долю герефордской и казахской белоголовой пород приходится соответственно по 28,0 и 24,0 %. Большая часть пробонитированного скота относится к высшим бонитировочным классам (таблица 1).

Таблица 1

Структура классного состава крупного рогатого скота
в сельскохозяйственных предприятиях Ставропольского края (2023 г.)

Table 1

Structure of the class composition of cattle in agricultural enterprises of the Stavropol Territory (2023)

Породы и половозрастные группы	Удельный вес крупного рогатого скота, %		
	элита-рекорд	элита	1-й класс
Всего крупного рогатого скота, в том числе:	45,3	38,4	16,3
быки-производители	88,3	11,7	–
коровы	58,0	26,1	15,9
Крупный рогатый скот герефордской породы, в том числе:	44,5	44,0	11,5
быки-производители	99,0	1,0	–
коровы	49,6	36,0	14,4
Крупный рогатый скот казахской бе- логоловой породы, в том числе:	40,2	43,6	16,2
быки-производители	72,2	27,8	–
коровы	49,5	28,7	21,8
Крупный рогатый скот калмыцкой породы, в том числе:	47,7	35,1	17,2
быки-производители	93,4	6,6	–
коровы	65,3	20,5	14,2

Так, удельный вес животных класса элита-рекорд составляет 45,3 %, элита – 38,4 % и 1-го класса – 16,3 %. При этом все имеющиеся в хозяйствах быки-производители относятся к элитным животным, в то время как доля элитных коров насчитывает 84,1 %, варьируя от 78,2 % у казахской белоголовой до 85,6 % у герефордской пород.

Что касается возрастных характеристик крупного рогатого скота мясных пород, то большая часть коров, содержащихся в племенных хозяйствах края, имеет возраст от 6 лет и старше (57,5 % от общей их численности), а быков-производителей – 2–4 года (79,6 %). Данные показатели колеблются в разрезе пород, что связано с их биологическими особенностями. Так, несмотря на лучшие адаптационные способности, коровы калмыцкой породы позже других достигают половой зрелости. На их долю в 2-летнем возрасте приходится лишь 0,3 % пробонитированных животных, в то время как у казахской белоголовой породы – 2,4 %, а у герефордской – 6,5 %. Более скороспелыми у герефордской породы оказались и быки-производители, доля которых 2–4-годовалым в возрасте достигает 84,6 % против 79,7 % у калмыцкой и 75,8 % у казахской белоголовой пород (таблица 2).

Таблица 2

Возрастная структура коров и быков-производителей различных пород крупного рогатого скота мясного направления в племенных хозяйствах Ставропольского края (2023 г.)

Table 2

Age structure of cows and servicing bulls of various breeds of beef cattle in breeding farms of the Stavropol Territory (2023)

Возраст поголовья, лет	Удельный вес поголовья, %							
	Всего в племенных хозяйствах		в том числе в разрезе пород					
			герефордская		казахская белоголовая		калмыцкая	
	коровы	быки-производители	коровы	быки-производители	коровы	быки-производители	коровы	быки-производители
2	2,3	35,3	6,5	42,3	2,4	47,7	0,3	22,6
3	14,8	19,1	12,6	25,2	11,1	7,8	17,4	24,1
4	13,6	25,2	6,5	17,1	13,2	20,3	17,1	33,0
5	11,8	9,5	15,1	10,8	13,5	7,8	9,6	9,9
6-7	20,7	8,8	33,0	2,7	18,3	12,4	20,8	9,4
8 и старше	36,8	2,1	26,3	1,9	41,5	4,0	34,8	1,0

Породная принадлежность скота оказывает влияние и на молочность коров – основную характеристику развития молодняка крупного рогатого скота мясного направления продуктивности. Данный показатель в 2023 году в племенных предприятиях края варьировал от 175 кг в среднем по калмыцкой породе до 204 и 209 кг у казахского белоголового и герефордского скота.

Рассмотренные выше качественные характеристики крупного рогатого скота влияют на его продуктивность. Существенные отклонения в разрезе породных групп наблюдаются по живой массе скота, хотя требованиям стандартов по данному показателю продуктивности отвечают все разводимые в племенных хозяйствах Ставропольского края коровы (рисунок 3).



Рисунок 3. Отклонение живой массы пробонитированных коров мясных пород от класса «элита» по породе в хозяйствах Ставропольского края (2023 г.)

Figure 3. Deviation of the live weight of appraised beef cows from the breed elite class in farms of the Stavropol Territory (2023)

Так, наименьшей живой массой в 2-3 года обладали коровы калмыцкой (420 кг), а наибольшей – коровы казахской белоголовой (496 кг) пород (таблица 3).

Таблица 3

Распределение крупного рогатого скота мясных пород в племенных хозяйствах Ставропольского края (2023 г.)

Table 3

Distribution of beef cattle in breeding farms of the Stavropol Territory (2023)

Породы	Возраст, лет	Средняя живая масса 1 головы, кг	
		коровы	быки-производители
Герефордская	2-3	481	661
	4	534	881
	5 и старше	535	–
Казахская белоголовая	2-3	496	553
	4	520	838
	5 и старше	567	914
Калмыцкая	2-3	420	660
	4	450	797
	5 и старше	506	894

Коровы калмыцкой породы в 4 года весят на 13,5 и 15,7 % меньше, чем их сверстницы казахской белоголовой и герефордской пород. Аналогичная ситуация наблюдается и у полновозрастных коров калмыцкой породы, уступающих сверстницам на 10,8 и 5,5 % соответственно. Быки-производители калмыцкой породы превышают требования класса «элита» во всех возрастных группах в среднем от 6,2 до 9,0 % (рисунок 4).

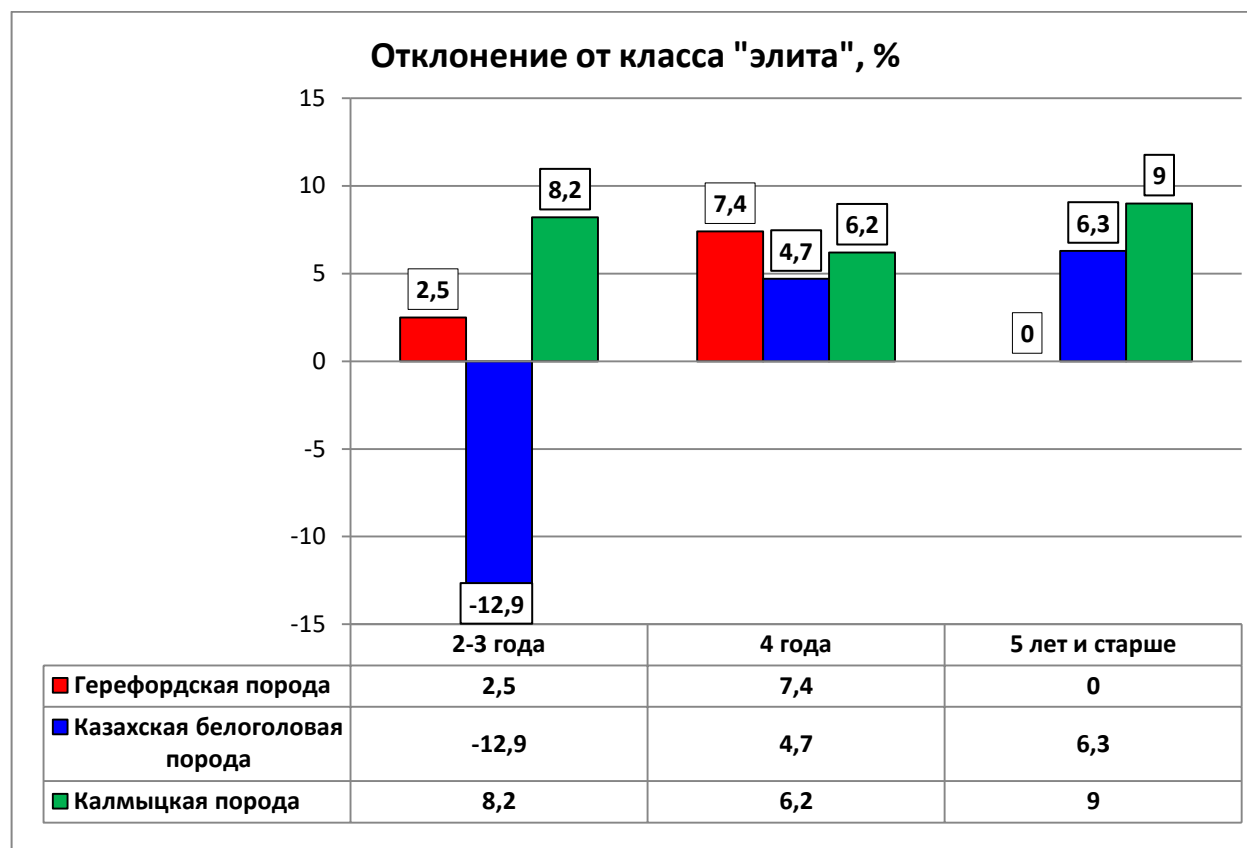


Рисунок 4. Отклонение живой массы пробонитированных быков-производителей мясных пород от класса «элита» по породе в хозяйствах Ставропольского края (2023 г.)
Figure 4. Deviation of the live weight of appraised servicing bulls of beef breeds from the breed elite class in farms of the Stavropol Territory (2023)

И это самые высокие результаты среди мясных пород, разводимых в крае. Между тем, не дотягивают до породного стандарта молодые быки-производители казахской белоголовой породы в 2-3-летнем возрасте (-8,5 %), однако уже 4-летние животные превосходят класс «элита» на 4,7 %. Использование в племенных стадах искусственного осеменения способствовало сокращению количества тяжеловесных полновозрастных быков-производителей герефордской породы, вследствие чего было недостаточно данных по живой массе для статистической обработки.

Выход телят на 100 коров по всем породным группам мясного скотоводства в 2023 году оказался выше 80 %, находясь в диапазоне от 80 % в АО «Белокопанское» Апанасенковского района, занимающегося разведением герефордского скота, до 100 %

в СПК (колхоз) «Родина» Апанасенковского района, специализирующегося на выращивании племенных животных казахской белоголовой породы.

Высоких показателей мясной продуктивности сельскохозяйственные предприятия Ставропольского края смогли достигнуть, в том числе благодаря проводимой в них работы в области генетики и разведения крупного рогатого скота. В соответствии с подпрограммой «Улучшение генетического потенциала крупного рогатого скота мясных пород» Федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства на 2017–2030 годы, утвержденной постановлением Правительства Российской Федерации от 25 августа 2017 г. № 996 в лабораториях ВНИИОК – филиала ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ» в рамках государственного задания № 075-00800-22-02 выполняются поисковые научные исследования по теме «Совершенствование продуктивных качеств крупного рогатого скота мясных пород на основе селекционно-генетических методов».

Добиться существенного улучшения продуктивных признаков крупного рогатого скота в сжатые сроки возможно, используя методы маркер-ассоциированной селекции и применяя арсенал программных инструментов для статистической обработки геномных данных. Целью наших исследований стало изучение зоотехнических параметров и генетических ассоциаций с признаками продуктивности крупного рогатого скота мясных пород, разводимых на территории Северо-Кавказского региона с применением новых подходов на основе молекулярно-генетических методов для повышения производства и улучшения качества говядины [9, 10, 11, 12].

Так, в СПК (колхоз) «Родина» Красногвардейского района был выведен новый тип герефордской породы «Дмитриевский», бычки которого отличаются долгим пубертатным периодом, в результате чего к 18-месячному возрасту при одинаковых затратах корма весят на 12 % больше представителей базовой категории. Кроме того, животные данного типа не теряют характерных черт телосложения с возрастом, отличаются удлиненным туловищем и более качественным мраморным мясом. В СПК племзаводе «Дружба» Апанасенковского района был создан «Вознесенский» тип калмыцкого скота, имеющего повышенную мясность и высокие показатели убойного выхода.

Для организации искусственного осеменения коров в ОАО «Ставропольплем» содержится четырнадцать быков-производителей мясных пород, в том числе четыре быка казахской белоголовой, четыре – герефордской и девять – калмыцкой пород. Однако в крае все ещё не в полном объеме выполняются работы по оценке производителей по собственной продуктивности и по качеству потомства. Сдерживающими факторами здесь выступают отсутствие площадок для доращивания молодняка, ненадлежащее ведение племенного учёта, а также недостаток кадров зоотехников-селекционеров и учётников по племенному учёту. В результате в 2023 году во всех категориях хозяйств края по качеству потомства оценено лишь восемьдесят шесть быков-производителей, из которых тридцать девять – улучшателей [8].

В ходе исследований выявлено наличие полиморфизма в локусах генов *LEP*, *TG*, *CAPN*, *CAST*, *GH* в популяциях крупного рогатого скота калмыцкой и герефордской пород. В исследованных генах обнаружено пятнадцать однонуклеотидных полиморфизмов. Для каждого выявленного полиморфизма изучена частота встречаемости гомо- и гетерозиготных генотипов в популяциях мясного скота.

Полученные результаты позволили выявить достоверные ассоциации между полиморфизмами в генах с.73T>C, g.92436333G>A в гене *LEP*, g.8450238T>G, g.8452338G>C в гене *TG*, с.947C>G, g.43405930C>G, с.1800+169C>T, g.43406123G>A,

g.43422631G>A в гене *CAPN*, с.484G>A, g.96121070G>A в гене *CAST*, g.1547T>C в гене *GH* и живой массой в разные возрастные периоды, а также промерами телосложения, характеризующими признаки лучшей мясной продуктивности крупного рогатого скота калмыцкой и герефордской пород.

Для определения взаимосвязи полиморфных вариантов генов были отобраны показатели фенотипа, наиболее отражающие мясные качества сельскохозяйственных животных, с использованием существующих методик оценки экстерьера. Установлено влияние полиморфизмов семи генов (*LEP*, *TG*, *CAPN1*, *CAST*, *SCD*, *GH*, *FOP4*) на живую массу молодняка крупного рогатого скота калмыцкой породы. Выявлены желательные генотипы по каждому гену.

Анализ ассоциаций полиморфизмов генов с параметрами фенотипа молодняка калмыцкой породы показал, что все выбранные гены оказывали влияние на формирование значимых параметров мясной продуктивности.

В результате проведенных исследований получены новые знания о частоте аллельных вариантов и генотипов в популяциях мясного скота с целью дальнейшей разработки новых подходов повышения производства и улучшения качества говядины.

Ставропольский край располагает необходимой ресурсной базой для эффективного развития мясного скотоводства и превращения его в одно из ведущих отраслей АПК региона, причём это развитие может идти как в экстенсивном, так и в интенсивном направлениях. О возможностях экстенсивного роста мясного производства свидетельствует тот факт, что в настоящее время общая численность крупного рогатого скота мясных пород составляет лишь 79,2 % от имевшегося в прежние годы.

Список источников

1. Состояние и развитие животноводства на современном этапе / А.Т. Мысик, Ю.И. Тимошенко, О.М. Мухтарова и др. // Зоотехния. 2023. № 10. С. 2–6.
2. Состояние генофонда в племенном животноводстве Российской Федерации / Л.А. Калашникова, С.Е. Тяпугин, А.А. Новиков, Л.Н. Григорян // Зоотехния. 2022. № 12. С. 13–16.
3. Кулинцев В.В., Суров А.И., Шевхужев А.Ф. Мясное скотоводство Ставропольского края // Молочное и мясное скотоводство. 2022. № 2. С. 6–11.
4. Горлов И., Карпенко Е., Мосолова Д. Эффективность выращивания бычков разных генотипов // Животноводство России. 2024. № 5. С. 58–60.
5. Шевхужев А.Ф. Резервы создания стад мясного скота // Зоотехния. 1994. № 7. С. 23–27.
6. Шевхужев А.Ф. Пути создания помесных мясных стад. // В сборнике: Повышение продуктивных и племенных качеств сельскохозяйственных животных. Сборник научных трудов. Ставропольская государственная сельскохозяйственная академия. Ставрополь. 1994. С. 48–53.
7. Шевхужев А.Ф., Харченко М.А. Резервы увеличения производства говядины в Карачаево-Черкесии // Молочное и мясное скотоводство. 1993. № 2-3. С. 13-14.
8. Итоги племенной работы в животноводстве Ставропольского края за 2023 г. – Ставрополь: МСХ СК, ГКУ «Центр племенных ресурсов». 2024. 156 с.
9. Полиморфизм генов *SCD* и *FABP4* у мясного скота калмыцкой породы / Х.А. Амерханов, А.И. Клименко, А.Ф. Шевхужев и др. // Молочное и мясное скотоводство. 2023. № 4. С. 9–13.

10. Третьякова Р.Ф., Каюмов Ф.Г. Влияние полиморфизма гена DGAT1 на продуктивность мясного скота калмыцкой породы // Молочное и мясное скотоводство. 2024. № 3. С. 16–19.
11. Аллельный спектр генов соматотропного каскада у молодняка крупного рогатого скота мясного направления продуктивности / З.К. Гаджиев, Е.С. Суржикова, Д.Д. Евлагина и др. // Достижения науки и техники АПК. 2023. № 5. Т. 37. С. 80–84.
12. Подпрограмма «Улучшение генетического потенциала крупного рогатого скота мясных пород»: постановление Правительства РФ от 3 сентября 2021 г. № 1489 // Официальный интернет-портал правовой информации: [сайт]. – URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202109130012>

References

1. State and development of animal husbandry at the present stage / A. T. Mysik, Yu. I. Timoshenko, O. M. Mukhtarova, T. V. Lepekhina, S. V. Timoshenko // Zootechniya. 2023. No. 10. P. 2–6.
2. State of the gene pool in breeding livestock of the Russian Federation / L. A. Kalashnikova, S. E. Tiapugin, A. A. Novikov, L. N. Grigorian // Zootechniya. 2022. No. 12. P. 13–16.
3. Kulintsev V. V., Surov A. I., Shevkhuzhev A. F. Beef cattle breeding of the Stavropol Territory // Dairy and beef cattle farming. 2022. No. 2. P. 6–11.
4. Gorlov I., Karpenko E., Mosolova D. Efficiency of growing bull calves of different genotypes // Animal Husbandry of Russia. 2024. No. 5. P. 58–60.
5. Shevkhuzhev A. F. Reserves for creating herds of beef cattle // Zootechniya. 1994. No. 7. P. 23–27.
6. Shevkhuzhev A. F. Ways to create crossbred beef herds. // In the collection: Improving the productive and breeding qualities of farm animals. Collection of scientific papers. Stavropol State Agricultural Academy. Stavropol. 1994. P. 48–53.
7. Shevkhuzhev A. F., Kharchenko M. A. Reserves for increasing beef production in Karachay-Cherkessia // Dairy and beef cattle farming. 1993. No. 2–3. P. 13–14.
8. Results of breeding work in animal husbandry of the Stavropol Territory for 2023 – Stavropol: Ministry of Agriculture of the Stavropol Territory, State Institution “Center of Breeding Resources”. 2024. 156 p.
9. Polymorphism of the SCD and FABP4 genes in Kalmyk beef cattle / Kh. A. Amerkhanov, A. I. Klimenko, A. F. Shevkhuzhev, M. P. Dubovskova, A. A. Kanibolotskaia // Dairy and beef cattle farming. 2023. No. 4. P. 9–13.
10. Tretiakova R. F., Kaiumov F. G. Effect of DGAT1 gene polymorphism on the productivity of Kalmyk beef cattle // Dairy and beef cattle farming. 2024. No. 3. P. 16–19.
11. Allelic spectrum of somatotrophic cascade genes in young beef cattle / Z. K. Gadzhiev, E. S. Surzhikova, D. D. Evlagina, A. I. Surov, S. N. Shumaenko // Achievements of science and technology in the agro-industrial complex. 2023. No. 5. V. 37. P. 80–84.
12. Subprogram “Improving the genetic potential of beef cattle”: Government Decree of the Russian Federation of September 3, 2021 No. 1489 // Official Internet portal of legal information: [website]. – URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202109130012>

Сведения об авторах

Шевхужев Анатолий Феоанович, главный научный сотрудник, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, тел.: 8 962 439-45-55, e-mail: shevkhuzhevaf@yandex.ru, ORCID 0000-0002-9164-4199

Дубовскова Марина Павловна, главный научный сотрудник, доктор сельскохозяйственных наук, тел.: 8 922 621-61-78, e-mail: dubovskova.m@mail.ru, ORCID 0000-0001-6915-4647

Голембовский Владимир Владимирович, зав. лабораторией промышленной технологии производства продукции животноводства, кандидат сельскохозяйственных наук, тел.: 8 918 741-14-00, e-mail: vvh26@yandex.ru, ORCID 0000-0003-3124-0587

Кононова Лидия Валентиновна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ведущий научный сотрудник, тел.: 8 918 747-47-37, e-mail: kononova-lidij@mail.ru, ORCID 0000-0003-3812-9099

Information about the authors

A.F. Shevkhuzhev, Chief Researcher, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, tel. +79624394555, e-mail: shevkhuzhevaf@yandex.ru, ORCID 0000-0002-9164-4199

M.P. Dubovskova, Chief Researcher, Doctor of Agricultural Sciences, tel.: 8 922 621-61-78, e-mail: dubovskova.m@mail.ru, ORCID 0000-0001-6915-4647

V.V. Golembovskii, Head of the Laboratory of Industrial Technology of Production of Livestock Products, Candidate of Agricultural Sciences, tel.: 8-918-741-14-00, e-mail: vvh26@yandex.ru, ORCID 0000-0003-3124-0587

L.V. Kononova, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Leading Researcher, 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 10.11.2024; одобрена после рецензирования 18.11.2024; принята к публикации 17.12.2024.

The article was submitted 10.11.2024; approved after reviewing 18.11.2024; accepted for publication 17.12.2024.

СОДЕРЖАНИЕ

АГРОНОМИЯ, ЛЕСНОЕ И ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО

Кураченко Н. Л., Казюлин Л. Ф.

Плотность сложения чернозёма при применении минеральных и гуминовых удобрений 4

Антонов С. А., Перегудов С. В., Волошенкова Т. В.

Оценка состояния государственной защитной лесной полосы на территории Ставропольского края 14

ЗООТЕХНИКА И ВЕТЕРИНАРИЯ

Айбазов А.-М. М.

Результативность культивирования ранних эмбрионов животных (обзор) 4

Дубовскова М. П., Суржикова Е. С., Евлагина Д. Д.

Особенности полиморфизма генов GH, TG5, LEP у скота герефордской породы 36

Завгородняя Г. В., Дмитрик И. И., Павлова М. И.

Особенности гистоструктуры кожи нового полугрубошерстного типа андийской породы овец 45

Карпова Е. Д., Суров А. И., Алимова В. Р., Фирсова А. М.

Динамика численности коз зааненской породы в Российской Федерации и их молочная продуктивность 54

Катков К. А., Дубовскова М. П., Шевхужев А. Ф., Погодаев В. А.

Селекция с учетом лимитирующих факторов в стаде герефордской породы 64

Косилов В. И., Юлдашбаев Ю. А., Никонова Е. А., Кубатбеков Т. С.

Особенности телосложения валушков романовской породы и её помесей с эдильбаевской 76

Криворучко . Ю., Егорова Т. Ю., Зуев Р. В.

Полногеномный поиск ассоциаций как перспективный метод в животноводческой отрасли (Обзор) 84

Лебедько Е. Я.

Селекция молочных коров на модельный идеальный тип (Обзорная статья) 98

Марынич А. П., Семёнов В. В., Джафаров Н. М., Карпова Е. Д.

Влияние карбамида в оболочке на молочную продуктивность и качество молока коров 111

Молчанов А. В., Козин А. Н., Першутин В. А., Молчанов В. А.

Мясность молодняка овец эдильбаевской породы при введении в рацион фитогенной кормовой добавки 119

Пашаян С. А., Комлацкий В. И., Калашникова М. В., Саттаров В. Н. Биологический цикл развития клещей – эктопаразитов пчел	127
Погодаев В. А., Суржикова Е. С., Евлагина Д. Д. Продуктивность молодняка овец с кровностью $\frac{1}{2}$ калмыцкая курдючная + $\frac{1}{2}$ шароле в зависимости от комплексных генотипов генов <i>CAST</i> и <i>GH</i>	136
Сулыга Н. В., Катков К. А., Ковалева Г. П., Витол В. А. Сравнительный анализ популяции голштинского скота методом главных компонент	147
Хаудов А. Д., Курашев Ж. Х., Слонов Т. Л., Жекамухов М. Х. Полиморфизм генов молочной продуктивности <i>GH</i> и <i>DGAT1</i> в популяции крупного рогатого скота голштинской породы нидерландской селекции	160
Чимидов Ш. Ю., Щербатов В. И., Шимко А. Р. Ранняя оценка яичной продуктивности и селекционный признак для яйценоских пород кур	171
Шевхужев А. Ф., Дубовскова М. П., Голембовский В. В., Кононова Л. В. Племенной потенциал мясного скотоводства Ставропольского края (Обзорная статья)	178

CONTENT

AGRONOMY, FORESTRY AND WATER INDUSTRY

Kurachenko Natalia L., Kaziulin Lev F.

Bulk density of black soil when using mineral and humic fertilizers 4

Antonov Sergei A., Peregudov Sergei V., Voloshenkova Tatiana V.

Status evaluation of the state defensive forest in the Stavropol Territory 14

ZOOTECHNY AND VETERINARY SCIENCE

Aibazov Ali-Magomet M.

Efficiency of early embryo culture of animals (review) 24

Dubovskova Marina P., Surzhikova Evgeniia S., Evlagina Daria D.

Polymorphism characteristics of GH, TG5, LEP genes in cattle of the hereford breed 36

Zavgorodniaia Galina V., Dmitrik Irina I., Pavlova Mariia I.

Peculiarities of the skin histostructure of the new semi-coarse-wooled type of the an-dean sheep breed 45

Karpova Ekaterina D., Surov Aleksandr I., Alimova Valeriia R., Firsova A. M.

Dynamics of the number of saanen goats in the Russian Federation and their milk yield 54

Katkov Konstantin A., Dubovskova Marina P., Shevkhuzhev Anatolii F., Pogodaev Vladimir A.

Selective breeding taking into account the limiting factors in the herd of the hereford breed 64

Kosilov Vladimir I., Yuldashbaev Yusupzhan A., Nikonova Elena A., Kubatbekov Tursumbai S.

Body features of wether lambs of the romanov breed and its crosses with the edilbaev breed 76

Krivoruchko Aleksandr Yu., Egorova Tatiana Yu., Zuev Roman V.

Genome-wide association study as a promising method in the livestock breeding industry (Review) 84

Lebedko Egor Ya.

Selective breeding of dairy cows for a model ideal type (Review) 98

Marynich Aleksandr P., Semenov Vladimir V., Dzhafarov Novruz M. o., Karpova Ekaterina D.

Effect of coated urea on milk productivity and milk quality of cows 111

Molchanov Aleksei V., Kozin Anton N., Pershutin Vladimir A., Molchanov Viacheslav A. Meatiness of young sheep of the edilbaev breed when a phytogenic feed additive is introduced into the diet	119
Pashaian Susanna A., Komlatskii Vasilii I., Kalashnikova Marina V., Sattarov Vener N. Biological life cycle of mites - ectoparasites of bees	127
Pogodaev Vladimir A., Surzhikova Evgeniia S., Evlagina Daria D. Productivity of young sheep with a bloodline of ½ kalmyk fat-tailed + ½ charollais depending on the complex genotypes of the <i>CAST</i> and <i>GH</i> genes	136
Sulyga Natalia V., Katkov Konstantin A., Kovaleva Galina P., Vitol Vladimir A. Comparative analysis of the holstein cattle population by the method of principal components	147
Khaudov Alii-bek D., Kurashev Zhiraslan Kh., Slonov Timur L., Zhekamukhov Magomed Kh. Polymorphism of dairy productivity genes <i>GH</i> and <i>DGAT1</i> in a population of holstein cattle of dutch breeding	160
Chimidov Shiniaka Yu., Shcherbatov Viacheslav I., Shimko Angelina R. Early evaluation of egg productivity and a selection trait for egg-laying breeds of hens	171
Shevkhuzhev Anatolii F., Dubovskova Marina P., Golembovskii Vladimir V., Kononova Lidiia V. Breeding potential of beef cattle farming in the Stavropol Territory (review article)	178

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ
№4 (17), 2024

ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ»

Теоретический
и научно-практический журнал

Заказ № . Подп. к печ. 17.12.2024 г. Дата выхода в свет 25.12.2024 г.
Формат 60x84-1/8 Тираж 300 экз. Объем 12,9 печ. л.

Цех оперативной полиграфии «Северо-Кавказский ФНАЦ»,
г. Ставрополь, пер. Зоотехнический, 15