

ISSN 2658-3135 (Print)
ISSN 2782-408X (Online)

ЖИВОТНОВОДСТВО И КОРМОПРОИЗВОДСТВО

Теоретический и научно-практический журнал

ANIMAL HUSBANDRY AND FODDER PRODUCTION

Theoretical and scientific-practical journal

Том 107 | № 2 | 2024



Оренбург



**Федеральный научный центр
биологических систем и агротехнологий
Российской академии наук**

**Federal Research Centre
of Biological Systems and Agrotechnologies
of the Russian Academy of Sciences**



ЖИВОТНОВОДСТВО И КОРМОПРОИЗВОДСТВО
(до января 2018 года «Вестник мясного скотоводства»)

Теоретический и научно-практический журнал

Основан в 1931 году

Том 107 № 2 2024

Журнал входит в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание учёной степени кандидата наук, доктора наук

ANIMAL HUSBANDRY AND FODDER PRODUCTION
(until January 2018 «Herald of Beef Cattle Breeding»)

Theoretical and scientific-practical journal

Founded in 1931

Vol. 107 No. 2 2024

The journal is included in the list of peer-reviewed scientific publications, where basic scientific results of dissertations for the degree of Candidate of Sciences, Doctor of Sciences

Животноводство и кормопроизводство
(до января 2018 года «Вестник мясного скотоводства»)

Рецензируемый теоретический и научно-практический журнал, в котором рассматриваются вопросы, охватывающие все области генетики и селекции, физиологии, размножения, питания и кормления сельскохозяйственных животных.

Миссия журнала – формирование научно-информационной среды и распространение информации о научных разработках и исследованиях в области ветеринарии и зоотехнии, агрономии, физиологии животных, экономики и управления народным хозяйством, проводимых учёными и специалистами НИИ и вузов России, стран СНГ и дальнего зарубежья.

В журнале публикуются результаты научных исследований и их внедрения в сфере АПК по следующим темам: инновационное направление сельскохозяйственной науки; нанотехнологии и биоэлементология в животноводстве и кормопроизводстве; разведение, селекция, генетика сельскохозяйственных животных; физиология животных; технология производства и качество продукции животноводства; теория и практика кормления сельскохозяйственных животных; кормопроизводство и корма; общее земледелие и растениеводство; экономика и организация сельского хозяйства.

Главный редактор: Лебедев Святослав Валерьевич, д-р биол. наук, член-корреспондент РАН

Члены редакционного совета:

Х.А. Амерханов, д-р с.-х. наук, академик РАН, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева (г. Москва, Россия)

Г.И. Бельков, д-р с.-х. наук, член-корреспондент РАН, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук (г. Оренбург, Россия);

Г.К. Дускаев, д-р биол. наук, профессор РАН, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук (г. Оренбург, Россия);

Ф.Г. Каюмов, д-р с.-х. наук, профессор, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук (г. Оренбург, Россия);

С.А. Мирошников, д-р биол. наук, член-корреспондент РАН, Оренбургский государственный университет (г. Оренбург, Россия);

Ф. Муселин, д-р вет. медицины, Банатский университет сельскохозяйственных наук и ветеринарной медицины «Король Мишель I Румынии» из Тимишоара (Тимишоара, Румыния);

С.В. Нотова, д-р мед. наук, профессор, Оренбургский государственный университет (г. Оренбург, Россия);

Е.А. Сизова, д-р биол. наук, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук (г. Оренбург, Россия)

Члены редакционной коллегии:

Ф.С. Амиршоев, д-р биол. наук, член-корреспондент Таджикской сельскохозяйственной академии наук, Таджикская академия сельскохозяйственных наук (Республика Таджикистан, г. Душанбе);

И.Н. Бесалиев, д-р с.-х. наук, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук (г. Оренбург, Россия);

Н. П. Герасимов, д-р биол. наук, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук (г. Оренбург, Россия);

И.Ф. Горлов, д-р с.-х. наук, академик РАН, Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции (г. Волгоград, Россия);

А.М. Гулюкин, д-р ветеринар. наук, член-корреспондент РАН, Федеральный научный центр - Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной ветеринарии имени К.И. Скрябина и Я.Р. Коваленко Российской академии наук (г. Москва, Россия);

К.М. Джуламанов, д-р с.-х. наук, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук (г. Оренбург, Россия);

И.М. Дунин, д-р с.-х. наук, академик РАН, Всероссийский научно-исследовательский институт племенного дела (Московская область, п. Лесные Поляны, Россия);

Г.И. Левахин, д-р с.-х. наук, профессор, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук (г. Оренбург, Россия);

М.П. Мордвинов, д-р с.-х. наук, профессор, Оренбургский государственный аграрный университет (г. Оренбург, Россия);

А.А. Мушинский, д-р с.-х. наук, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук (г. Оренбург, Россия);

Е.Г. Насамбаев, д-р с.-х. наук, профессор, Западно-Казахстанский аграрно-технический университет им. Жангир-хана (Республика Казахстан, г. Уральск);

А. Н. Фролов, д-р биол. наук, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук (г. Оренбург, Россия);

А.В. Харламов, д-р с.-х. наук, профессор, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук (г. Оренбург, Россия)

ISSN 2658-3135 (Print), ISSN 2782-408X (Online)

Зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Выписка из реестра зарегистрированных СМИ ПИ № ФС77-72507 от 20.03.2018 г.) – печатное издание

Учредитель – Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук»

Редактор – З.Г. Долгополова, Технический редактор – Е.Г. Хусаинова,

Компьютерная вёрстка – Е.Г. Хусаинова, Перевод – Ю.Р. Коростелева, Н.П. Герасимов

Компьютерный набор осуществлён с помощью текстового процессора Microsoft Word 2013 for Windows.

Формат бумаги 60х84/8. Бумага типографская. Печать офсетная. Гарнитура Times New Roman.

Подписано в печать 10.06.2024 г. Дата выхода в свет 28.06.2024 г. Усл. печ. л. 21,97. Тираж 500 экз. Заказ № 6

Периодичность 4 раза в год. Цена свободная

Редакция, издатель, типография – ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН,

Адрес: 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29, тел.: 8(3532)30-81-70, 30-81-76

e-mail редакции: ntiip_vniims@rambler.ru

Сайт журнала: <http://gk.fncbst.ru/>

© ФНЦ БСТ РАН, 2024

Animal Husbandry and Fodder Production
(until January 2018 «Herald of Beef Cattle Breeding»)

A peer-reviewed theoretical, research and practical journal that addresses issues covering all areas of genetics and selection, physiology, reproduction, nutrition and feeding of farm animals.

The mission of the journal is the formation of a scientific and information environment and the dissemination of information about scientific developments and research in veterinary medicine and animal science, agronomy, animal physiology, economics and management of national economy performed by scientists and specialists from research institutes and universities of Russia, CIS countries and far abroad.

The journal publishes the results of researches and their implementation in the agricultural sector on the following subjects: innovative agricultural science; nanotechnology and bioelementology in animal husbandry and fodder production; breeding, selection, genetics of farm animals; physiology of animals; production technology and quality of livestock products; theory and practice of farm animals feeding; fodder production and fodders; general agriculture and crop production; economics and organization of agriculture.

Editor-in-chief: **SV Lebedev**, Dr. Sci. (Biology), Corresponding Member of Russian Academy of Sciences

Editorial council:

KhA Amerkhanov, Dr. Sci. (Agriculture), Academician of Russian Academy of Sciences, Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy (Moscow, Russia);

GI Belkov, Dr. Sci. (Agriculture), Corresponding Member of Russian Academy of Sciences, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences (Orenburg, Russia);

GK Duskaev, Dr. Sci. (Biology), Professor of Russian Academy of Sciences, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences (Orenburg, Russia);

FG Kayumov, Dr. Sci. (Agriculture), Professor, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences (Orenburg, Russia);

SA Miroshnikov, Dr. Sci. (Biology), Corresponding Member of Russian Academy of Sciences, Orenburg State University (Orenburg, Russia)

F Muselin, Dr. Sci. (Veterinary), Banat's University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine «King Michel I of Romania» from Timisoara (Timisoara, Romania);

SV Notova, Dr. Sci. (Medicine), Professor, Orenburg State University (Orenburg, Russia)

EA Sizova, Dr. Sci. (Biology), Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences (Orenburg, Russia)

Editorial staff:

FS Amirshoev, Dr. Sci. (Biology), Corresponding Member of the Tajik Agricultural Academy of Sciences, Tajikistan Academy of Agricultural Sciences (Republic of Tajikistan, Dushanbe);

IN Besaliev, Dr. Sci. (Agriculture), Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences (Orenburg, Russia);

NP Gerasimov, Dr. Sci. (Biology), Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences (Orenburg, Russia);

AM Gyulyukin, Dr. Sci. (Veterinary), Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Federal Scientific Center - All-Russian Research Institute of Experimental Veterinary Medicine named after K.I. Scriabin and Ya.R. Kovalenko of the Russian Academy of Sciences (Moscow, Russia).

IF Gorlov, Dr. Sci. (Agriculture), Academician of Russian Academy of Sciences, Povolzhsky Research Institute of Production and Processing of Meat and Dairy Products (Volgograd, Russia);

KM Dzhulamanov, Dr. Sci. (Agriculture), Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences (Orenburg, Russia);

IM Dunin, Dr. Sci. (Agriculture), Academician of Russian Academy of Sciences, All-Russian Research Institute of Breeding Work (Moscow region, Village Forest Glades, Russia);

GI Levahin, Dr. Sci. (Agriculture), Professor, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences (Orenburg, Russia);

MP Mordvintsev, Dr. Sci. (Agriculture), Professor, Orenburg State Agrarian University (Orenburg, Russia);

AA Mushinsky, Dr. Sci. (Agriculture), Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences (Orenburg, Russia);

EG Nasambayev, Dr. Sci. (Agriculture), Professor, Zhangir khan West Kazakhstan Agrarian-Technical University (Republic of Kazakhstan, Uralsk);

AN Frolov, Dr. Sci. (Biology), Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences (Orenburg, Russia);

AV Kharlamov, Dr. Sci. (Agriculture), Professor, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences (Orenburg, Russia)

ISSN 2658-3135 (Print), ISSN 2782-408X (Online)

Registered with the Federal Service for Supervision of Communications, Information Technology and Mass Media (Extract from the catalogue of registered media series PI No. FS77-72507 from 20 March 2018) – print edition
Founder – Federal State Budgetary Scientific Institution “Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences”

Editor – ZG Dolgoplova Technical Editor – EG Khusainova Computer layout – EG Khusainova

Translator – YuR Korostelyova, NP Gerasimov

Computer typing was carried out using a text processor Microsoft Word 2013 for Windows. Paper size is 60x84/8.

Paper is typographical. Offset printing. Font is Times New Roman.

Signed to the presson 10.06.2024. Date of publication 28.06.2024. Conditional printed sheets 21.97. Circulation 500 samples. Order № 6

Issued 4 times per year. The price is free.

Editorial office, publisher, typography – FSBSI FRC BST RAS

Address: 460000, Orenburg, 9 Yanvarya str., 29, Phone: 8(3532)30-81-70, 30-81-76, editorial office:

e-mail: ntiip_vniims@rambler.ru

Web site: <http://gk.fncbst.ru/>

СОДЕРЖАНИЕ

Кудашева А.В., Казачкова Н.М. 100 лет со дня рождения С.Г. Леушина	8
---	---

НАНОТЕХНОЛОГИИ В ЖИВОТНОВОДСТВЕ И КОРМОПРОИЗВОДСТВЕ

<i>Камирова А.М., Сизова Е.А., Иванищева А.П., Шошин Д.Е., Яушева Е.В.</i> Органоминеральный комплекс на основе ультрадисперсных кремнийсодержащих частиц, как модулятор микробиома желудочно-кишечного тракта крупного рогатого скота	13
--	----

БИОЭЛЕМЕНТОЛОГИЯ В ЖИВОТНОВОДСТВЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВЕ

<i>Иньшин О.В., Мирошникова Е.П., Аринжанов А.Е., Мирошников С.А.</i> Влияние активированного угля на элементный статус мышечной ткани радужной форели	27
--	----

РАЗВЕДЕНИЕ, СЕЛЕКЦИЯ, ГЕНЕТИКА

<i>Шевелёва О.М., Бахарев А.А., Терещенко И.Я.</i> Экстерьерные особенности крупного рогатого скота абердин-ангусской породы в условиях Северного Зауралья	38
--	----

<i>Елемесов Б.К., Явнова М.С., Джуламанов К.М.</i> Весовой и линейный рост животных герефордской породы скота разных экстерьерных типов	49
---	----

<i>Сафронова А.А.</i> Формирование мясной продуктивности и качества мяса у герефордских бычков разных генотипов	61
---	----

<i>Криворучко А.Ю., Скокова А.В., Скорых Л.Н., Каниболоцкая А.А., Криворучко О.Н.</i> Использование микросателлитных локусов для генетической идентификации овец шерстного направления продуктивности в Ставропольском крае	71
---	----

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА, КАЧЕСТВО ПРОДУКЦИИ И ЭКОНОМИКА
В ЖИВОТНОВОДСТВЕ

<i>Горлов И.Ф., Сложеникина М.И., Карпенко Е.В., Мосолова Д.А., Шахбазова О.П., Раджабов Р.Г.</i> Эффективность скрещивания коров симментальской породы с быками мясных пород	85
---	----

<i>Винс М.С., Третьякова Р.Ф., Каюмов Ф.Г.</i> Эффективность разведения калмыцкого скота в Кабардино-Балкарии: анализ и перспективы	96
---	----

<i>Часовщикова М.А., Пунегова В.В.</i> Биологические и хозяйственные особенности коров чёрно-пёстрой породы разного уровня продуктивности	107
---	-----

<i>Гульбет А.Э., Амерханов Х.А., Соловьева О.И.</i> Качество молозива и молока коров разных пород при использовании пробиотика Зоонорм	116
--	-----

<i>Медетов Е.С.</i> Интерьерные показатели коров голштино-фризской породы при сочетанном применении крезацина и половых гормонов	128
--	-----

<i>Хохлов В.В., Поносов С.В., Ситников В.А.</i> Влияние многоплодия овцематок романовской породы на рост, развитие и откормочные качества получаемого молодняка	139
---	-----

ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА КОРМЛЕНИЯ

- Довыденкова М.В., Колодина Е.Н., Никанова Д.А., Логвинова Т.И., Артемьева О.А.*
**Эффективность использования каротинсинтезирующих дрожжей *Rhodotorula spp.*
в кормлении сельскохозяйственных животных (обзор)** 149

КОРМОПРОИЗВОДСТВО И КОРМА

- Сечнев Ю.А., Шейда Е.В., Кван О.В., Сизенцов Я.А.* **Характер ферментации
питательных веществ ячменя при использовании экзоферментов** 170

ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВО

- Бакиров Ф.Г., Берлишев Н.Д., Васильев И.В., Васильева Т.Н.* **Изменение плотности
чернозёма южного под влиянием приёмов и систем обработки почвы** 179
- Юбилейные даты** 188

CONTENTS

<i>Kudasheva AV, Kazachkova NM. 100 years since the birth of S.G. Leushin</i>	8
NANOTECHNOLOGY IN ANIMAL HUSBANDRY AND FODDER PRODUCTION	
<i>Kamirova AM, Sizova EA, Ivanishcheva AP, Shoshin DE, Yausheva EV. The organic mineral complex based on ultrafine silicon-containing particles as a microbiome modulator of gastrointestinal tract of cattle</i>	13
BIOELEMENTOLOGY IN ANIMAL HUSBANDRY AND CROP PRODUCTION	
<i>Inshin OV, Miroshnikova EP, Arinzhanov AE, Miroshnikov SA. Effect of activated carbon on the elemental status of muscle tissue in rainbow trout</i>	27
BREEDING, SELECTION, GENETICS	
<i>Sheveleva OM, Bakharev AA, Tereshchenko IYa. Exterior features of the Angus cattle in the conditions of the Northern Trans-Urals</i>	38
<i>Elemesov BK, Yavnova MS, Dzhulamanov KM. Weight and linear growth of Hereford cattle of different exterior types</i>	49
<i>Safronova AA. The development of meat productivity and beef quality in Hereford bulls of various genotypes</i>	61
<i>Krivoruchko AYU, Skokova AV, Skorykh LN, Kanibolotskaya AA, Krivoruchko ON. The use of microsatellite loci for genetic identification of wool sheep in the Stavropol Territory</i>	71
PRODUCTION TECHNOLOGY, QUALITY AND ECONOMY IN ANIMAL HUSBANDRY	
<i>Gorlov IF, Slozhenkina MI, Karpenko EV, Mosolova DA, Shakhbazova OP, Radzhabov RG. The effectiveness of crossing Simmental cows and beef bulls</i>	85
<i>Vince MS, Tretyakova RF, Kayumov FG. Efficiency of production of Kalmyk cattle in Kabardino-Balkaria: analysis and prospects</i>	96
<i>Chasovshchikova MA, Punegova VV. Biological and economic characteristics of Black Spotted cows of different productivity levels</i>	107
<i>Gulbet AE, Amerkhanov KhA, Soloveva OI. Quality of colostrum and milk from cows of different breeds when using Zoonorm probiotic</i>	116
<i>Medetov ES. Interior parameters of the Holstein-Friesian cows with the combined use of krezacin and sex hormones</i>	128
<i>Khokhlov VV, Ponosov SV, Sitnikov VA. The influence of the multiplicity of Romanov sheep on growth, development and fattening qualities of the resulting young stock</i>	139

THEORY AND PRACTICE OF FEEDING

- Dovydenkova MV, Kolodina EN, Nikanova DA, Logvinova TI, Artemyeva OA. Efficiency of using carotene-synthesizing yeast *Rhodotorula spp.* in the feeding of farm animals (review)* 149

FODDER PRODUCTION AND FODDERS

- Sechnev YuA, Sheida EV, Kvan OV, Sizentsov YaA. The nature of barley nutrients fermentation using exoenzymes* 170

GEOPONICS AND CROP PRODUCTION

- Bakirov FG, Berlishev ND, Vasiliev IV, Vasilyeva TN. Changes in the density of southern black soil under the influence of soil cultivation techniques and systems* 179

- Anniversaries** 188

100 ЛЕТ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ С.Г. ЛЕУШИНА



СЕРГЕЙ ГЕОРГИЕВИЧ ЛЕУШИН

(1924-2009 гг.)

участник Великой Отечественной войны,
доктор сельскохозяйственных наук, профессор,
директор Всесоюзного НИИ мясного скотоводства с 1964 по 1982 гг.

ЭТАПЫ БОЛЬШОГО ЖИЗНЕННОГО ПУТИ
СЕРГЕЯ ГЕОРГИЕВИЧА ЛЕУШИНА

26 мая 2024 года исполнилось 100 лет со дня рождения Сергея Георгиевича Леушина – директора Всероссийского научно-исследовательского института мясного скотоводства, профессора, доктора сельскохозяйственных наук, видного учёного в области мясного скотоводства, участника Великой Отечественной войны.

Сергей Георгиевич Леушин родился 26 мая 1924 года в городе Оренбург в семье слесаря оренбургского паровозоремонтного завода. Учёбу в школе прервала война. В 1941 г. после окончания 9 классов железнодорожной школы № 3 он был вынужден поступить учеником токаря на паровозоремонтный завод № 174 города Оренбург.



В 1942 году Сергей Георгиевич призван в армию курсантом Бердичевского пулемётно-пехотного училища, эвакуированное в Актюбинск. Окончить училище не удалось: курсантов отправили на Калининский фронт. С.Г. Леушин несколько месяцев воевал в 13 стрелковой бригаде, а позднее был командиром отделения автоматчиков в 310 стрелковом полку.

В мае 1943 г. полк был переброшен на Орловско-Курскую дугу, а в августе 1943 года на Горянском направлении Сергей Георгиевич был тяжело ранен. Лечение проходил в городе Нерчинск Читинской области и после выздоровления отправлен с эшелоном сначала в Оренбург, потом в Ташкент, где нёс дальнейшую службу в 59 стрелковом полку, затем в артиллерийском запасном в городе Самарканд до окончания войны. В ноябре 1945 года был демобилизован из рядов Советской Армии.

После возвращения и до 1946 года Сергей Георгиевич работал учётчиком комбината КЭЧ ЮЖВО в г. Оренбург. В этом же году он поступил учиться в Оренбургский сельскохозяйственный институт на зоотехнический факультет, после окончания которого вместе с дипломом получил предложение остаться ассистентом кафедры кормления сельскохозяйственных животных.

В 1957 году его направили учиться в аспирантуру Всесоюзного НИИ животноводства, где под руководством М.Ф. Томмэ им была подготовлена и защищена кандидатская диссертация. С 1958 по 1962 годы С.Г. Леушин работал доцентом на кафедре кормления сельскохозяйственных животных в Оренбургском сельскохозяйственном институте.

В 1962 году Сергея Георгиевича как грамотного специалиста направили в Германскую Демократическую Республику, в г. Лейпциг, в университет им. К. Маркса, где он работал преподавателем-доцентом по курсу кормления сельскохозяйственных животных до 1964 года. После приезда из ГДР до октября 1964 года С.Г. Леушин продолжал работать доцентом на кафедре кормления сельскохозяйственных животных в Оренбургском сельскохозяйственном институте.

В октябре 1964 года Сергей Георгиевич был назначен директором Оренбургского НИИ мясо-молочного скотоводства, где он и раскрылся как личность, как большой учёный. Благодаря усилиям С.Г. Леушина, институт в 1970 году был преобразован во Всесоюзный НИИ мясного скотоводства (ВНИИМС). Коллектив института пополнился плеядой талантливых и одержимых исследователей, численность сотрудников увеличилась до 350 человек.

Приказ Министерства сельского хозяйства СССР в 1973 году стал важным достижением коллектива, в котором был накоплен значительный кадровый потенциал и большой опыт работы по проблемам селекции мясного скота. На ВНИИМС были возложены функции Головного научно-методического центра по совершенствованию, созданию новых пород, типов, линий мясного скота. Коренным образом изменилась тематика научных исследований института, комплексно решались сложные вопросы, связанные с развитием отрасли и производства говядины в нашей стране. Пере-

вод производства говядины на промышленную основу стал новым этапом развития мясного скотоводства, основная работа которого была направлена на разработку технологии содержания мясного скота с использованием зелёного конвейера, а также выращивание племенного молодняка на культурных огороженных пастбищах.

В 1975 году С.Г. Леушин успешно защитил докторскую диссертацию на тему «Использование кормов в мясном скотоводстве при разной технологии и заготовке», а в 1978 году ему присвоено учёное звание профессора по специальности «Кормление сельскохозяйственных животных и технология кормов».



Под непосредственным руководством Сергея Георгиевича комплексно решались вопросы по созданию новых пород, типов, линий мясного скота, велись разработки ресурсосберегающих технологий производства высококачественной говядины, систем кормопроизводства. Значительным вкладом в развитие отрасли стала разработка эффективной технологии откорма на межхозяйственных механизированных откормочных площадках в Оренбургской и других областях страны. В 1980 году сотрудниками отдела кормления ВНИИМС (зав. отделом – Б.Л. Герасимов), учёными СибНИПТиЖ и Калмыцкого НИИМС впервые в нашей стране были разра-

ботаны нормы кормления мясного скота.

В 1980 году ВНИИМС, возглавляемый С.Г. Леушиным, получил статус головной организации, координирующей на всей территории СССР научные исследования по проблемам мясного скотоводства 39 научно-исследовательских учреждений.

Высокий авторитет института по многим вопросам ведения мясного скотоводства привлекал учёных других стран: Японии, Венгрии, Франции, Болгарии, Германии, Чехословакии, представители которых приезжали во ВНИИМС за опытом работы.

Директором ВНИИМС С.Г. Леушин работал до октября 1982 года, после чего был заведующим кафедрой крупного рогатого скота в Оренбургском сельскохозяйственном институте. В марте 1985 года Сергей Георгиевич вернулся на работу в отдел кормления ВНИИМС.

Глубокие исследования С.Г. Леушина нашли своё отражение в более чем 300 научных работах и нормативных документах по мясному скотоводству, в том числе 29 книгах и рекомендациях. Его научные труды и разработки широко внедрялись в сельскохозяйственных организациях не только Оренбургской области, но и по всей стране.

Сергей Георгиевич создал обширную научную школу, под его руководством подготовлены 36 кандидатских и докторских диссертаций. Среди его учеников: А.Х. Заверюха – вице-премьер РФ (1993-1997), Г.Я. Меньшинин – инструктор сельскохозяйственного отдела ЦК КПСС, В.И. Смир-



нов, В.П. Коробенко – секретари райкомов КПСС Оренбургской области, А.Д. Пыльцин – министр сельского хозяйства Оренбургской области, В.И. Левахин – директор Всероссийского научно-исследовательского института мясного скотоводства и член-корреспондент РАН, А.А. Солдатов, В.Б. Асанов – руководители крупных агрофирм и другие.

Многолетняя плодотворная деятельность С.Г. Леушина способствовала развитию отечественной зоотехнической науки и применению её достижений в мясном скотоводстве. За достижения в научной и практической деятельности Сергей Георгиевич награждён правительственными наградами: орденом «Трудового Красного Знамени», двумя орденами «Знака почёта», орденом «Отечественной войны 1941-1945 г. II степени», медалями «За боевые заслуги», «За победу над Германией в Великой Отечественной войне 1941-1945 г.»», «50 лет

Вооружённых сил», «За доблестный труд», в ознаменование 100-летия со дня рождения В.И. Ленина и др.

В соответствии с решением Учёного совета ВНИИМС отделу кормления присвоено имя С.Г. Леушина.

Сергей Георгиевич бесконечно был предан делу науки, но большую административную, научную и педагогическую деятельность он совмещал с активным участием в общественной работе. Принципиальностью учёного, своей скромностью и отзывчивостью он заслужил глубочайшее уважение коллектива сотрудников института и всех тех, с кем ему приходилось работать. Для учёных ВНИИМС(а) имя Сергея Георгиевича Леушина – это пример служения делу, науке, образец честности и порядочности.

*Доктор сельскохозяйственных наук,
профессор А.В. Кудашева*

ПАМЯТИ УЧИТЕЛЯ

В жизни каждого научного сотрудника в период его становления и научной деятельности обязательно встречается яркая личность, которая, как комета, оставляет неизгладимый след в формировании всей его дальнейшей жизни, научного потенциала, профессионального мастерства и умения работать в коллективе единомышленников. Таких харизматических людей обычно называют человеком с большой буквы, глыбой, титаном или просто ... Учителем. Таким Учителем для своих учеников был Сергей Георгиевич Леушин.

Одна из главных черт учёного – умение предвидеть перспективу развития нового научного направления. Благодаря настойчивости и постоянной поддержке со стороны Сергея Георгиевича, под его научным крылом родилось большое количество учеников.

Из воспоминаний Марии Александровны Сечиной, кандидата сельскохозяйственных наук: «В 1980-е гг., когда я поступила в аспирантуру, весьма актуальна была проблема обеспечения полноценным протеиновым питанием сельскохозяйственных животных, тесно связанная с обеспеченностью организма аминокислотами. Совместно с научными сотрудниками Всесоюзного НИИ физиологии и биохимии сельскохозяйственных животных (г. Боровск) и ВНИИМС я состояла в рабочей группе с кандидатами биологических наук В.С. Яковлевым и Н.А. Алфимцевым, кандидатами сельскохозяйственных наук Л.В. Ефремовой и Л.А. Мухортовой под руководством доктора сельскохозяйственных наук Сергея Георгиевича Леушина. Нами были тщательно изучены обмен азота и аминокислот в теле сельскохозяйственных животных, роль протеина и незаменимых аминокислот в кормлении сельскохозяйственных животных, на основании чего разработана программа и методика исследования, согласно которой проведена серия опытов по установлению доз скармливания незаменимых аминокислот в комплексе. Установлено их положительное влияние на переваримость и использование питательных веществ корма, некоторое увеличение белкового и снижение остаточного азота, свидетельствующего о наиболее интенсивных биосинтетических процессах, снижению концентрации свободных аминокислот в плазме крови, увеличению среднесуточных приростов. Отмечалось положительное влияние на мясные качества туш.

После успешной защиты диссертации, я была переведена на должность младшего научного сотрудника и включена в группу по изучению химического состава кормов Оренбургской области. В 1989 году перешла на преподавательскую работу, которую всегда совмещала с научно-исследовательской деятельностью. Под руководством В.А. Сечина и профессора С.Г. Леушина проводила исследования по госпрограмме «Шерсть» по изысканию путей и возможностей организации полноценного кормления козوماتок, козовалухов и молодняка оренбургской пуховой

породы на основе прогрессивных технологий заготовки и использования кормов, установления оптимальной структуры и типов их рационов.

За короткий промежуток времени, работая с Сергеем Георгиевичем, он смог привить многим из нас любовь к избранной профессии, убеждал, что в руках вооруженного знаниями зоотехника заключена огромная сила, позволяющая влиять на живой организм, на формирование нужных хозяйственно-полезных признаков».

Виктор Александрович Сечин, доктор сельскохозяйственных наук, профессор также был его учеником. С.Г. Леушин, являясь сначала руководителем кандидатской, а затем и консультантом докторской диссертации, определил научное направление его исследований. Тема кандидатской диссертации В.А. Сечина «Эффективность производства и использования гранул и сенажа из смеси целых растений зернофуражных культур при выращивании бычков», а докторской – «Разработка и научное обоснование системы полноценного кормления пуховых коз в условиях Южного Урала».



Со слов Лидии Александровны Чаплыгиной, кандидата сельскохозяйственных наук, ученицы С.Г. Леушина: «Под руководством Сергея Георгиевича занималась изучением химического консервирования кормов с помощью продуктов Оренбургского газоперерабатывающего завода: газа и серы. Данная идея двигаться в таком научном направлении полностью принадлежит Сергею Георгиевичу. Получены патенты, рацпредложения по данной тематике.

Благодаря своему профессионализму, самоотдаче а, главное, открытости и душевному теплу Сергей Георгиевич оставил за все эти годы прекрасный след и добрую память в наших сердцах».

В заключение хочется сказать, что Сергей Георгиевич внёс значительный вклад в развитие отечественной науки кормления сельскохозяйственных животных. Он всегда был полон новых идей, свежих мыслей и готовностью прийти на помощь. Дело С.Г. Леушина продолжается в трудах его учеников и всех сотрудников института.

Сергея Георгиевич в полной мере обладал даром прирождённого учителя, наставника и тонкого психолога и на собственном примере учил всех не только науке, но и научной этике, ответственности, трудолюбию, добросовестности и уважительному отношению к окружающим.

С.Г. Леушина с благодарностью будут помнить ученики, друзья и коллеги, которые при его поддержке многого добились в жизни. Память о нём останется навсегда в сердце каждого, кто имел счастье знать и работать вместе с Сергеем Георгиевичем Леушиным. Дело С.Г. Леушина продолжается в трудах его учеников и всех сотрудников института.

**Кандидат биологических наук,
научный сотрудник ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН
Н.М. Казачкова**

НАНОТЕХНОЛОГИИ В ЖИВОТНОВОДСТВЕ И КОРМОПРОИЗВОДСТВЕ

Научная статья

УДК 636.5:636.085.57

doi:10.33284/2658-3135-107-2-13

Органоминеральный комплекс на основе ультрадисперсных кремнийсодержащих частиц, как модулятор микробиома желудочно-кишечного тракта крупного рогатого скота

Айна Маратовна Камирова¹, Елена Анатольевна Сизова^{2,6}, Анастасия Павловна Иванищева³, Даниил Евгеньевич Шошин^{4,7}, Елена Владимировна Яушева⁵

^{1,2,3,4,5}Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, Оренбург, Россия

^{6,7}Оренбургский государственный университет, Оренбург, Россия

¹ayna.makaeva@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1474-8223>

^{2,6}sizova.178@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5125-5981>

³nessi255@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8264-4616>

^{4,7}daniilshoshin@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3086-681X>

⁵vasilena56@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1589-2211>

Аннотация. Органические кислоты и ультрадисперсные частицы (УДЧ), в особенности металлической природы, находят всё большее применение в сельском хозяйстве как удобрения и компоненты кормовых добавок. На данный момент востребованы детальные исследования для подтверждения безопасности и актуальности применения их в кормлении животных. Целью данного исследования было определение влияния органоминерального комплекса на основе УДЧ SiO₂ и янтарной кислоты (ЯК) на особенности рубцового и кишечного микробиома и морфобиохимические показатели крови. Анализ бета-разнообразия показал наличие значимого влияния применения УДЧ SiO₂ и ЯК в рационе на организацию бактериальных сообществ в микробиоме рубцовой жидкости в сравнении с контролем. Показано увеличение в микробиоме рубца филумов *Bacteroidota*, *Pseudomonadota* и *Bacillota*. Микробиом толстого кишечника бычков был населён большей частью филумами *Bacteroidota* (40,8 %), *Bacillota* (49,3 %) и *Verrucomicrobiota* (4,41 %). На уровне рода многочисленными являлись следующие таксоны: *Bacteroides*, *Phocaeicola*, *Paludibacter*. Сравнение индексов альфа-разнообразия показало, что применение УДЧ SiO₂ и ЯК приводит к увеличению значений показателя Чхао-1, что может свидетельствовать о большем количестве видов в микробиоте толстого кишечника в сравнении с контролем. Значение морфобиохимических показателей сыворотки крови в эксперименте демонстрирует наличие колебаний в рамках физиологических.

Ключевые слова: бычки, казахская белоголовая порода, кормление, ультрадисперсные частицы, янтарная кислота, рубцовая жидкость

Благодарности: работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента Российской Федерации № 075-15-2022-682/1.

Для цитирования: Органоминеральный комплекс на основе ультрадисперсных кремнийсодержащих частиц, как модулятор микробиома желудочно-кишечного тракта крупного рогатого скота / А.М. Камирова, Е.А. Сизова, А.П. Иванищева, Д.Е. Шошин, Е.В. Яушева // Животноводство и кормопроизводство. 2024. Т. 107, № 2. С. 13-26. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-107-2-13>

Original article

The organic mineral complex based on ultrafine silicon-containing particles as a microbiome modulator of gastrointestinal tract of cattle

**Aina M Kamirova¹, Elena A Sizova^{2,6}, Anastasia P Ivanishcheva³, Daniil E Shoshin^{4,7},
Elena V Yausheva⁵**

^{1,2,3,4,5}Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia

^{6,7}Orenburg State University, Orenburg, Russia

¹ayna.makaeva@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1474-8223>

^{2,6}sizova.178@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5125-5981>

³nessi255@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8264-4616>

^{4,7}daniilshoshin@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3086-681X>

⁵vasilena56@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1589-2211>

Abstract. Organic acids and ultrafine particles (UFPs), especially of a metallic nature, are increasingly being used in agriculture as fertilizers and components of feed additives. At the moment, detailed studies are in demand to confirm the safety and relevance of their use in animal feeding. The purpose of this study was to determine the effect of an organomineral complex based on SiO₂ UDP and succinic acid (SA) on the characteristics of the rumen and intestinal microbiome and morphobiochemical blood parameters. The analysis of β -diversity showed the presence of a significant effect of the use of UFP SiO₂ and SA in the diet on the organization of bacterial communities in the microbiome of rumen fluid, in comparison with the control. An increase in the phylum *Bacteroidota*, *Pseudomonadota* and *Bacillota* in the microbiome of the rumen has been shown. The microbiome of the large intestine of bulls was inhabited mostly by the phylum *Bacteroidota* (40.8%), *Bacillota* (49.3%) and *Verrucomicrobiota* (4.41%). At the genus level, the following taxa were numerous: *Bacteroides*, *Phocaeicola*, *Paludibacter*. Comparison of α -diversity indices showed that the use of UFP SiO₂ and SA leads to an increase in the values of the Chao-1 index, which may indicate a greater number of species in the microbiota of the large intestine, compared with the control. The value of morpho-biochemical parameters of blood serum in the experiment demonstrates the presence of fluctuations within the physiological framework.

Keywords: bulls, Kazakh white-headed breed, feeding, ultrafine particles, succinic acid, ruminal fluid

Acknowledgments: the work was carried out with the financial support of the grant of the President of the Russian Federation, Project No. 075-15-2022-682/1.

For citation: Kamirova AM, Sizova EA, Ivanishcheva AP, Shoshin DE, Yausheva EV. The organic mineral complex based on ultrafine silicon-containing particles as a microbiome modulator of gastrointestinal tract of cattle. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2024;107(2):13-26. (In Russ.). <https://doi.org/10.33284/2658-3135-107-2-13>

Введение.

Сбалансированное питание, включающее достаточное количество белка, энергии, витаминов и минералов, является одним из столпов достижения оптимального состояния здоровья в мясном скотоводстве. Минеральное питание играет решающую роль в обеспечении здоровья и продуктивности (Snowder GD et al., 2006). Имея ключевую необходимость для обеспечения биологических процессов, их требуемое количество, как правило, минимально. Примерами таких процессов является формирование неспецифической резистентности, проявление антиоксидантных свойств, а также анаболизм и катаболизм веществ (Galyean ML et al., 1999).

В условиях современного промышленного скотоводства перспективным подходом является применение комплексных поликомпонентных кормовых добавок, обеспечивающих интенсификацию разнопрофильных обменных реакций (Sizova E et al., 2020). Определённым различием в проявлении активности может быть их форма (Сизова Е.А. и др., 2020; Makaeva A et al., 2020; Ивани-

щева А.П. и др., 2023). Использование измельчения и ультрадисперсных форм элементов способствует лучшему раскрытию функциональных свойств. Применение ультрадисперсных форм кремния в промышленности, биомедицине, пищевых продуктах и защите окружающей среды чрезвычайно перспективно, поскольку они обладают хорошей стабильностью, превосходной биосовместимостью и простотой модификации (Xu L et al., 2014; Сизова Е.А. и др. 2024; Иванищева А.П. и Камирова А.М. 2023), большим потенциалом для широкого применения в контролируемой доставке лекарств (Li RG et al., 2012), медицинской диагностике (Chen Y et al., 2012).

В качестве функциональных стимуляторов в последние годы активно исследуются дикарбоновые кислоты и их производные (Трунов М.А., 2000). Несколько исследований продемонстрировали, что органические кислоты улучшают перевариваемость белка и аминокислот в подвздошной кишке (Partanen K et al., 2007), что связано со снижением pH желудка и повышением активности протеолитических ферментов. Также они могут создавать более благоприятную среду для лактобацилл, что полезно для роста и здоровья животных (Ahmed ST et al., 2014). Также продемонстрировано, что органические кислоты улучшают показатели роста и усвояемость питательных веществ (Xu YT et al., 2018; Long SF et al., 2018).

Янтарная является одной из важных органических кислот. Данная кислота принимает участие в биохимических реакциях, повышает продуктивный рост животных, а также устойчивость организма (Папуниди К.Х. и др., 2022).

Цель исследования.

Определить влияние органоминерального комплекса на основе УДЧ SiO₂ и ЯК на особенности рубцового и кишечного микробиома и морфобиохимических показатели крови.

Материалы и методы исследования.

Объект исследования. Бычки казахской белоголовой породы.

Обслуживание животных и экспериментальные исследования были выполнены в соответствии с инструкциями и рекомендациями нормативных актов: Модельный закон Межпарламентской Ассамблеи государств-участников Содружества Независимых Государств «Об обращении с животными», ст. 20 (постановление МА государств-участников СНГ № 29-17 от 31.10.2007 г.), Руководство по работе с лабораторными животными (http://fncbst.ru/?page_id=3553). При проведении исследований были предприняты меры для обеспечения минимума страданий животных и уменьшения количества исследуемых опытных образцов.

Схема эксперимента. На первом этапе (эксперимент *in vitro*) был изучен микробиом рубцовой жидкости крупного рогатого скота с учётом использования УДЧ SiO₂ и ЯК на модели «искусственного рубца» с использованием установки-инкубатора «ANKOM Daisy II». Рубцовую жидкость отбирали в 3-литровую банку через хроническую фистулу (d=80 мм, ANKOM Technology Corporation, США). Транспортировку осуществляли в течение 30 минут, поддерживая температурный режим +38,5...+39,5 °С. Перед использованием рубцовую жидкость тщательно встряхивали и процеживали через 4 слоя марли. Исследовались ранее выявленные дозировки: для УДЧ SiO₂ – 7,51 мг/кг корма; ЯК – 30 мг/кг корма.

В качестве модельного корма были использованы пшеничные отруби (ПО) в натуральном виде. Навески измельчённых воздушно-сухих пшеничных отрубей массой 0,5 грамм и исследуемые кормовые добавки соответствующих дозировок помещали в герметичные полиэфирные мешочки, предварительно высушенные до постоянной массы, и закладывали в банки, заливали рубцовой жидкостью с фосфатным буфером в соотношении 1:4, закрывали крышками и выдерживали в термостате при t=+39 °С. По окончании инкубации образцы рубцовой жидкости использовали для дальнейших исследований.

Пробы помещали в стерильные микропробирки с защёлкивающейся крышкой типа «эппендорф» (NuovaAptaca S.R.L., Италия), замораживали при -70 °С (криоморозильник ULUF65 «ARCTICO», Дания) и хранили для дальнейшего метагеномного секвенирования. Расчёт индексов альфа- и бета-разнообразия был реализован с помощью Microbiome Analyst (Iannotti LL, 2018).

На втором этапе (эксперимент *in vivo*) выполнены исследования по оценке морфобиохимических показателей крови при введении в рацион УДЧ SiO₂ и ЯК на жвачных животных (крупный рогатый скот) в Оренбургской области, село Пруды, СПК Гринцова С.Ф. Для проведения физиологического опыта методом пар-аналогов были подобраны бычки казахской белоголовой породы (n=3) средней массой 320±8,3 кг и возрастом 13 месяцев по живой массе, общему состоянию, породе и возрасту. Животные были случайным образом разделены на группы: контрольную (К) и опытную – УДЧ SiO₂+ЯК (7,51+30 мг/кг корма). Рацион включал сено злаковое (1 кг), сено бобовое (2 кг), силос кукурузный (9,5 кг), дроблёную зерносмесь (2 кг), жмых подсолнечный (0,1 кг), патоку кормовую (0,6 кг), соль поваренную (37 г), монокальцийфосфат (47,7 г) и премикс (20 г). В течение эксперимента (подготовительный период – 5 дней, учётный период – 5 дней) бычки были переведены на привязное содержание, индивидуальное кормление. Кровь бралась из хвостовой вены от всех животных утром до кормления.

Оборудование и технические средства. Исследование проводилось на базе центра «Нанотехнологии в сельском хозяйстве» и Центра коллективного пользования ФНЦ БСТ РАН (<http://цкп-бст.рф>). Определение гематологических параметров крови производилось на автоматическом гематологическом анализаторе DF50 для ветеринарии («Dymind Biotech», Китай). Биохимический анализ крови осуществлялся при помощи автоматического биохимического анализатора CS-T240 («Dirui Industrial Co., Ltd.», Китай).

Статистическая обработка. Рассчитывали среднее (М), среднееквадратичное отклонение (±σ), стандартную ошибку (±SE). Результаты, полученные для экспериментальной группы, сравнивали с контрольной группой для определения статистической значимости с использованием t-критерия Стьюдента с уровнем статистической значимости P≤0,05-0,001.

Результаты исследований.

Таксономическая характеристика микробиома содержимого рубца. Использование УДЧ SiO₂ и ЯК не способствовало существенным изменениям бактериального состава микробиома рубцовой жидкости на уровне филумов. В микробиоме опытных образцов, как и в контроле, многочисленными были филумы *Bacteroidota*, *Pseudomonadota* и *Bacillota*. На уровне классов в таксономическом составе микробиома было отмечено снижение доли бактерий *Bacteroidia*, *Sphingobacteriia* и *Gammaproteobacteria* на 7,35, 3,78 и 2,63 % соответственно относительно контроля. На уровне родов основные изменения в микробиоме были связаны со снижением доли бактерий *Lentimicrobium* и *Acinetobacterna* на 3,57 и 2,67 %.

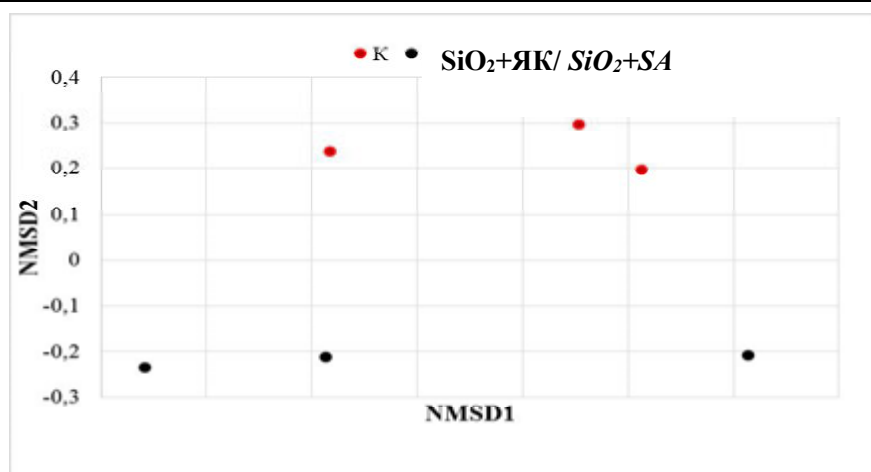
Индекс альфа-разнообразия позволил оценить богатство, однородность и равномерность распределения доли таксонов в микробиоте рубцовой жидкости. Однако анализ индексов не показал значимых различий между группами (табл. 1).

Таблица 1. Индексы альфа-разнообразия микробиоты рубцовой жидкости
(эксперимент *in vitro*)

Table 1. Indices of alpha diversity of the microbiota of ruminal fluid (*in vitro* experiment)

Показатель / <i>Indicator</i>	Группа / <i>Group</i>		P-value
	контрольная / <i>control</i>	опытная / <i>experimental</i>	
Chao-1	416,3±45,5	413,7±51,2	0,98
Simpson (1-D)	0,79±0,08	0,79±0,05	0,95
Shannon	4,66±1,3	4,44±1,07	0,91

Анализ бета-разнообразия показал наличие значимого влияния применения УДЧ SiO₂ и ЯК в рационе на организацию бактериальных сообществ в микробиоме рубцовой жидкости в сравнении с контролем (рис. 1).



Примечание: К – контроль, SiO₂+ЯК/ SiO₂+SA – опытная группа
 Note: К – control, SiO₂+ЯК/ SiO₂+SA – experiment

Рисунок 1. Бета-разнообразие микробиоты рубцовой жидкости исследуемых групп с использованием статистического метода PERMANOVA, не метрического многомерного масштабирования и несходства Брея-Кертиса ($p=0,5$) (эксперимент *in vitro*) ($n=3$)
 Figure 1. Beta diversity of the microbiota of ruminal fluid of the studied groups using the statistical method of PERMANOVA, non-metric multidimensional scaling and the Bray-Curtis dissimilarity ($p=0.5$) (*in vitro* experiment) ($n=3$)

Таксономическая характеристика кишечного микробиома на фоне применения минерального комплекса (эксперимент *in vivo*). Анализ таксономического состава микробиома толстого кишечника бычков показал, что большая часть идентифицированных бактерий относилась к филумам *Bacteroidota* (40,8 %), *Bacillota* (49,3 %) и *Verrucomicrobiota* (4,41 %). Основными таксонами на уровне класса являлись *Bacteroidia* (31,0 %), *Sphingobacteriia* (7,71 %), *Clostridia* (47,7 %) и *Verrucomicrobiae* (3,50 %). Среди многочисленных семейств были отмечены *Bacteroidaceae* (11,8 %), *Paludibacteraceae* (4,87 %), *Prevotellaceae* (4,37 %), *Rikenellaceae* (4,62 %), *Sphingobacteriaceae* (7,71 %), *Oscillospiraceae* (22,4 %), *Akkermansiaceae* (3,50 %). На уровне рода многочисленными являлись следующие таксоны: *Bacteroides*, *Phocaeicola*, *Paludibacter*, *Paraprevotella*, *Parapedobacter*, *Alistipes*, *Intestinimonas*, *Clostridium_IV*, *Akkermansia*, *Eubacterium*, *Acetivibrio*, относительная численность каждого из которых составляла 2-11 % от общего числа.

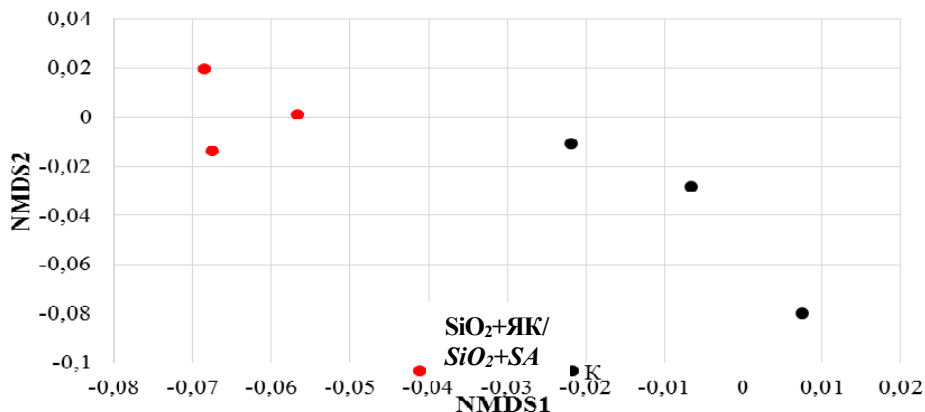
Комплекс УДЧ SiO₂ и ЯК способствовал увеличению доли бактерий таксона *Bacillota* (+8,39 %) в микробиоме в сравнении с контролем. В рамках таксона *Bacillota* относительно контроля отмечалась более высокая относительная численность бактерий таксонов *Clostridia* (+7,93 %) и *Oscillospiraceae* (+5,35 %). Несмотря на отсутствие значимых изменений доли бактерий филума *Bacteroidota*, было отмечено изменение доли таксонов *Sphingobacteriia* (–5,59 %) и *Flavobacteriia* (+6,80 %) в микробиоме толстого кишечника животных опытной группы в сравнении с контролем.

Расчёт индексов Chao-1, Simpson (1-D), Shannon показал высокое биоразнообразие и равномерность распределения доли таксонов в микробиоте толстого кишечника. Сравнение индексов альфа-разнообразия показало, что использование опытной добавки приводит к увеличению значений показателя Chao-1, что возможно говорит о большем количестве родов в микробиоценозе толстого кишечника, в сравнении с контролем (табл. 2).

Таблица 2. Индексы альфа-разнообразия микробиоты толстого кишечника (эксперимент *in vivo*)
 Table 2. Indices of alpha diversity of the microbiota of the large intestine (*in vivo* experiment)

Показатель / Indicator	Группа / Group		P-value
	контрольная / Control	опытная / Experimental	
Chao-1	460,3±11,7	513,7±13,6	0,016
Simpson(1-D)	0,98±0,003	0,98±0,03	0,14
Shannon	5,16±0,03	5,25±0,0,1	0,01

Оценка бета-разнообразия показала наличие значимого различия в микробиоте толстого кишечника животных обеих групп (рис. 2).



Примечание: К – контроль, SiO₂+ЯК/ SiO₂+SA – опытная группа

Note: К – control, SiO₂+ЯК/ SiO₂+SA – experiment

Рисунок 2. Бета-разнообразие микробиоты толстого кишечника исследуемых групп с использованием статистического метода PERMANOVA, не метрического многомерного масштабирования и несходства Брея-Кертиса ($p=0,001$) (эксперимент *in vivo*) ($n=3$)

Figure 2. Beta diversity of the large intestine microbiota of the studied groups using the statistical method of PERMANOVA, non-metric multidimensional scaling and Bray-Curtis dissimilarity ($p=0.001$) (*in vivo* experiment) ($n=3$)

Морфобиохимические показатели крови на фоне применения минерального комплекса (эксперимент *in vivo*). Изучение морфобиохимических показателей крови в эксперименте важно для оценки наличия колебаний значения показателей. Так, в опытной группе увеличивается количество базофилов, эритроцитов, гемоглобина и гематокрита на 12,5; 8,20; 1,90 и 12,9 % по сравнению с контролем. Однако количество лейкоцитов и тромбоцитов, напротив, снижается на 11,5 и 2,10 % относительно контрольной группы (табл. 3).

Таблица 3. Морфологические показатели крови подопытных животных (эксперимент *in vivo*)
Table 3. Morphological parameters of the blood of experimental animals (*in vivo* experiment)

Показатель / Indicator	Группа / Group	
	контрольная / Control	опытная / Experimental
Количество лейкоцитов, 10 ⁹ /л / The number of white blood cells, 10 ⁹ /l	9,24±1,25	8,18±0,30
Доля нейтрофилов, % /The proportion of neutrophils, %	29,00±4,10	21,30±0,50*
Доля лимфоцитов, % /The proportion of lymphocytes, %	58,90±4,70	62,50±0,10
Доля моноцитов, % /The proportion of monocytes, %	7,50±0,20	8,60±1,30
Доля эозинофилов, % /The proportion of eosinophils, %	3,70±0,50	6,45±2,05
Доля базофилов, % /The proportion of basophils, %	0,90±0,10	1,15±0,35
Количество эритроцитов, 10 ¹² /л / The number of red blood cells, 10 ¹² /l	5,21±0,74	5,63±0,17
Концентрация гемоглобина, г/л / Hemoglobin concentration, g/l	102,50±6,50	104,50±6,50
Гематокрит, % /Hematocrit, %	21,70±2,70	24,50±1,40
Количество тромбоцитов, 10 ⁹ /л /Platelet count, 10 ⁹ /l	280,00±23,0	274,00±13,0

Примечание: * – $P \leq 0,05$

Note: * – $P \leq 0.05$

Было отмечено, что добавление УДЧ SiO₂ и ЯК повлияло на концентрацию сывороточного белка и альбумина, снижая их на 8,10 % и 5,20 % соответственно по сравнению с контролем. Показатель креатинина в опытной группе также снижался на 29,2 % по сравнению с контролем. Исследования показали, что применение УДЧ SiO₂ и ЯК в составе рациона влияет на жировой обмен. Так, к концу эксперимента концентрация триглицеридов увеличивается на 2,20 %, а холестерина снижается на 4,80 % относительно контроля. Показатели минерального обмена изменяются в ходе эксперимента. Так, концентрация кальция и железа снижается на 13,5 и 21,0 % на фоне применения кормовой добавки. Уровень фосфора, напротив, увеличивается на 0,40 % по сравнению с контрольной группой (табл. 4).

Таблица 4. Биохимические показатели крови подопытных животных (эксперимент *in vivo*)
Table 4. Biochemical blood parameters of experimental animals (*in vivo* experiment)

Показатель / Indicator	Группа / Group	
	контрольная / Control	опытная / Experimental
Общий белок, г/л / Total protein, g/l	77,2±4,55	70,9±4,01
Альбумин, г/л / Albumin, g/l	38,0±0,001	36,0±1,00*
Креатинин, мкмоль/л / Creatinine, μmol/l	220,0±43,00	155,9±44,30
Холестерин, ммоль/л / Cholesterol, mmol/l	2,72±0,09	2,60±0,12
Триглицериды, ммоль/л / Triglycerides, mmol/l	1,85±0,04	1,89±0,01
Железо, мкмоль/л / Iron, μmol/l	35,0±1,20	27,5±0,25*
Кальций, ммоль/л / Calcium, mmol/l	1,89±0,11	1,63±0,22
Фосфор, ммоль/л / Phosphorus, mmol/l	2,37±0,10	2,40±0,42

Примечание: * – P≤0,05

Note: * – P≤0.05

Обсуждение полученных результатов.

Помимо обилия видов бактерий, рубец и кишечник считаются высокоразвитыми и разнообразными резервуарами микроорганизмов, способных разлагать растительный материал.

Экосистема рубца и кишечника животных представляет собой сложную и динамичную среду, населённую многочисленными микроорганизмами, включая бактерии, простейшие и грибы. Эти микроорганизмы находятся в тесных симбиотических взаимосвязях друг с другом и с хозяином в строго бескислородных (анаэробных) условиях (Pitta DW et al., 2010; Ozutsumi Y et al., 2005). В рубце животных обитает чрезвычайно разнообразное сообщество бактерий, насчитывающее сотни различных видов. Эти бактерии играют жизненно важную роль в разложении и ферментации растительного материала, что позволяет хозяину извлекать питательные вещества из сложных растительных волокон. Состав бактериального сообщества рубца может варьироваться в зависимости от типа потребляемой пищи, физиологического состояния хозяина и генетических факторов (McAllister TA et al., 1990). Также группы бактерий наиболее чувствительны к тем питательным веществам и пищевым добавкам, которые животные используют в своём рационе (Chen YN et al., 2011; Logachev K et al., 2015). Поэтому особенно важно учитывать бактериальный состав при изменении рациона сельскохозяйственных животных. Важным моментом является то, что пищевые добавки, используемые в рационе животных, были нетоксичны для микрофлоры, населяющей рубец и кишечник, и окружающей среды. Вот почему в этих исследованиях особое внимание уделяется изучению бактериального микробиоценоза крупного рогатого скота при кормлении органоминеральной добавки корма.

Толстый кишечник в основном состоял из филумов *Bacteroidota* (40,8 %), *Bacillota* (49,3 %) и *Verrucomicrobiota* (4,41 %). Наиболее распространёнными классами в микробиоценозе являются

Bacteroidia (31,0 %), *Sphingobacteriia* (7,71 %), *Clostridia* (47,7 %) и *Verrucomicrobiae* (3,50 %). Введение в рацион животных минеральных добавок не приводило к значительным изменениям в составе микробиоценоза, что соответствует предыдущим исследованиям. Введение в рацион животных органоминерального комплекса также не привело к существенным изменениям в микробиоценозе, но немного сместило баланс в пользу микроорганизмов, ответственных за наилучшую усвояемость корма (Karimov I et al., 2017; Williams K et al., 2015; Bagirov VA et al., 2018; Макаева А.М. и др., 2019).

Анализ морфобиохимических показателей крови говорит о том, что данная добавка оказывает положительное влияние на здоровье и метаболизм опытных животных. Таким образом, на введение органоминеральной добавки в эксперименте не наблюдается воспалительных реакции, концентрация гемоглобина и гематокрита возрастает. Известно, что и для других ультрадисперсных форм достигнут эффект повышения гемоглобина (Ajdary M et al., 2015; Logachev K et al., 2015). Уменьшение числа тромбоцитов на фоне введения добавок уменьшает перфузию по сосудам микроциркуляции. Аналогичные результаты описаны для других частиц (Fisinin VI et al., 2018; Shumakova AA et al., 2014).

Кремний способен стимулировать функциональную активность гранулоцитов и интенсифицировать метаболические процессы (Колбин И.А. и Колесников О.Л., 2010). Кроме того, исследование показывает способность кремния развивать моноциты и перитонеальные макрофаги, что приводит к высвобождению интерлейкина-1.

Креатинин, являющийся обезвоженной формой креатина, участвующей в энергетическом обмене в мышцах (Saraiva LA et al., 2014), снижается на фоне введения добавки по сравнению с контрольной группой, возможно, это связано с тем, что креатинин переходит в креатинфосфат, который затем поступает в мышцы в форме энергии, активизируя биохимические процессы (Mora L et al., 2007).

Выводы.

Анализ бета-разнообразия показал наличие значимого влияния применения УДЧ SiO₂ и ЯК в рационе на организацию бактериальных сообществ в микробиоме рубцовой жидкости в сравнении с контролем. Показано увеличение в микробиоме рубца филумов *Bacteroidota*, *Pseudomonadota* и *Bacillota*. Микробиом толстого кишечника бычков был населён большей частью филумами *Bacteroidota* (40,8 %), *Bacillota* (49,3 %) и *Verrucomicrobiota* (4,41 %). На уровне рода многочисленными являлись следующие таксоны: *Bacteroides*, *Phocaeicola*, *Paludibacter*. Сравнение индексов альфа-разнообразия показало, что применение УДЧ SiO₂ и ЯК приводит к увеличению значений показателя Chao-1, что может свидетельствовать о большем количестве видов в микробиоте толстого кишечника в сравнении с контролем. Значение морфо-биохимических показателей сыворотки крови в эксперименте демонстрирует наличие колебаний в рамках физиологических.

Список источников

1. Включение экстракта *Quercus cortex* в рацион бройлеров изменяет их убойные показатели и биохимический состав мышечной ткани / В.А. Багиров, Г.К. Дускаев, Н.М. Казачкова, Ш.Г. Рахматуллин, Е.В. Яушева, Д.Б. Косян, Ш.А. Макаев, Х.Б. Дусаева // Сельскохозяйственная биология. 2018. Т. 53. № 4. С. 799-810. [Bagirov VA, Duskaev GK, Kazachkova NM, Rakhmatullin ShG, Yausheva EV, Kosyan DB, Makaev ShA, Dusaeva KhB. Addition of *Quercus cortex* extract to broiler diet changes slaughter indicators and biochemical composition of muscle tissue. Sel'skokhozyaistvennaya Biologiya [Agricultural Biology]. 2018;53(4):799-810. (In Russ.)]. doi: 10.15389/agrobiology.2018.4.799rus doi: 10.15389/agrobiology.2018.4.799eng

2. Иванищева А.П., Камирова А.М. Влияние комплекса оксида кремния и янтарный кислоты на элементный состав рубцового содержимого жвачных животных // Мировые научные достижения в области естественных и технических наук: материалы X Междунар. науч.-практ.

конф. Рязань, 2023. С. 142-144. [Ivanishcheva AP, Kamirova AM. The effect of the complex of silicon oxide and succinic acid on the elemental composition of the scar contents of ruminants (Conference proceedings) World scientific achievements in the field of natural and technical sciences. Materials of the X International Scientific and Practical Conference. Ryazan'; 2023:142-144. (In Russ.)].

3. Изменение иммунологических и продуктивных показателей у цыплят-бройлеров под влиянием биологически активных веществ из экстракта коры дуба / В.И. Фисинин, А.С. Ушаков, Г.К. Дускаев, Н.М. Казачкова, Б.С. Нуржанов, Ш.Г. Рахматуллин, Г.И. Левахин // Сельскохозяйственная биология. 2018. Т. 53. № 2. С. 385-392. [Fisinin VI, Ushakov AS, Duskaev GK, Kazachkova NM, Nurzhanov BS, Rakhmatullin ShG, Levakhin GI. Mixtures of biologically active substances of oak bark extracts change immunological and productive indicators of broilers. Sel'skokhozyaistvennaya Biologiya [Agricultural Biology]. 2018;53(2):385-392. (In Russ.)]. doi: 10.15389/agrobiology.2018.2.385rus doi: 10.15389/agrobiology.2018.2.385eng

4. Колбин И.А., Колесников О.Л. Фагоцитарная активность нейтрофильных гранулоцитов при воздействии наночастиц диоксида кремния // Вестник Уральской медицинской академической науки. 2010. № 2-1(29). С. 36-37. [Kolbin I A, Kolesnikov OL. Fagocitarnaja aktivnost' nejtrofil'nyh granulocitov pri vozdeystvii nanochastic dioksida kremniya. Journal of Ural Medical Academic Science. 2010;2-1(29):36-37. (In Russ.)].

5. Кормовая добавка на основе кремния в рационе цыплят-бройлеров / Е.А. Сизова, К.В. Рязанцева, Л.Л. Мусабаева, К.С. Нечитайло, А.П. Иванищева, Е.А. Власов // Птица и птицепродукты. 2024. № 2. С. 36-39. [Sizova EA, Ryazantseva KV, Musabaeva LL, Nechitailo KS, Ivanishcheva AP, Vlasov EA Feed additive based on silicon in the diet of broiler chickens. Poultry and Poultry Products. 2024;2:36-39. (In Russ.)].

6. Макро- и микроэлементы в питании животных: многообразие веществ и форм / А.П. Иванищева, Е.А. Сизова, А.М. Камирова, Л.Л. Мусабаева, М.В. Соловьёв // Животноводство и кормопроизводство. 2023. Т. 106. № 2. С. 85-111. [Ivanishcheva AP, Sizova EA, Kamirova AM, Musabaeva LL, Solovyov MV. Macro- and microelements in animal nutrition: a variety of substances and forms. Animal Husbandry and Fodder Production. 2023;106(2):85-111. (In Russ.)]. doi: 10.33284/2658-3135-106-2-85

7. Научное обоснование применения янтарной кислоты и препаратов на ее основе (монография) / К.Х. Папуниди, Э.К. Папуниди, Л.Ф. Якупова, О.А. Грачева, А.Х. Волков, С.Ю. Смоленцев. Йошкар-Ола: Марийский гос. ун-т, 2022. 234 с. [Papunidi KH, Papunidi EK, Yakupova LF, Gracheva OA, Volkov AH, Smolentsev SY. Scientific justification of the use of succinic acid and preparations based on it (monograph). Yoshkar-Ola: Mari State University; 2022:234 p. (In Russ.)].

8. Перспективность использования ультрадисперсной формы металлов в кормлении животных / Е.А. Сизова, К.С. Нечитайло, А.П. Иванищева, Н.И. Рябов // Животноводство и кормопроизводство. 2020. Т. 103. № 3. С. 177-189. [Sizova EA, Nechitailo KS, Ivanishcheva AP, Ryabov NI. The prospects of using ultra-dispersed forms of metals in animal feeding. Animal Husbandry and Fodder Production. 2020;103(3):177-189. (In Russ.)]. doi: 10.33284/2658-3135-103-3-177

9. Токсикологическая оценка наноструктурного диоксида кремния I. Интегральные показатели, аддукты ДНК, уровень тиоловых соединений и апоптоз клеток печени / А.А. Шумакова, Е.А. Арианова, В.А. Шипелин, Ю.С. Сидорова, А.В. Селифанов, Э.Н. Трушина, О.К. Мустафина, И.В. Сафенкова, И.В. Гмошинский, С.А. Хотимченко, В.А. Тутельян // Вопросы питания. 2014. Т. 83. № 3. С. 52-62. [Shumakova AA, Arianova EA, Shipelin VA, Sidorova YuS, Selifanov AV, Trushina EN, Mustafina OK, Safenkova IV, Gmoshinsky IV, Khotimchenko SA, Tutelyan VA. Toxicological assessment of nanostructured silica. I. Integral indices, adducts of DNA, tissue thiols and apoptosis in liver. Problems of Nutrition. 2014;83(3):52-62. (In Russ.)].

10. Трунов М.А. Действие и применение препарата ЯК-85 в птицеводстве: автореф. дис. канд. вет. наук. Краснодар, 2000. 15 с. [Trunov MA. Dejstvie i primenenie preparata JaK-85 v pticevodstve: avtoref. dis. kand. vet. nauk. Krasnodar; 2000:15 p. (In Russ.)].

11. Элементный и микробиологический состав рубца при использовании в кормлении крупного рогатого скота высокодисперсных частиц / А.М. Макаева, К.Н. Атландерова, Е.А. Сизо-

- ва, С.А. Мирошников, В.В. Ваншин // Животноводство и кормопроизводство. 2019. Т. 102. № 3. С. 19-32. [Makaeva AM, Atlanderova KN, Sizova EA, Miroshnikov SA, Vanshin VV. The elemental and microecological composition of rumen after use of highly dispersive particles in cattle feeding. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2019;102(3):19-32. (*In Russ.*)]. doi: 10.33284/2658-3135-102-3-19
12. Ahmed ST, Hwang JA, Hoon J, Mun HS, Yang CJ. Comparison of single and blend acidifiers as alternative to antibiotics on growth performance, fecal microflora, and humoral immunity in weaned piglets. *Asian-Australas J Anim Sci*. 2014;27(1):93-100. doi: 10.5713/ajas.2013.13411
13. Ajdary M, Ghahnavieh MZ and Naghsh N. Sub-chronic toxicity of gold nanoparticles in male mice. *Adv Biomed Res*. 2015;4:67. doi: 10.4103/2277-9175.153890
14. Chen Y, Oba M, Guan LL. Variation of bacterial communities and expression of Toll-like receptor genes in the rumen of steers differing in susceptibility to subacuteruminal acidosis. *Veterinary Microbiology*. 2012;159(3-4):451-459. doi: 10.1016/j.vetmic.2012.04.032
15. Chen YH, Penner GB, Li MJ, Oba M, Guan LL. Changes in bacterial diversity associated with epithelial tissue in the beef cow rumen during the transition to a high-grain diet. *Appl Environ Microbiol*. 2011;77(16):5770-5781. doi: 10.1128/AEM.00375-11
16. Galyean ML, Perino LJ, Duff GC. Interaction of cattle health/immunity and nutrition. *J Anim Sci*. 1999;77(5):1120-1134. doi: 10.2527/1999.7751120x
17. Iannotti LL. The benefits of animal products for child nutrition in developing countries. *Rev Sci Tech*. 2018;37(1):37-46. doi: 10.20506/rst.37.1.2738
18. Karimov I, Duskaev G, Inchagova K, Kartabaeva M. Inhibition of bacterial Quorum sensing by the ruminal fluid of cattle. *Int J of Geomate*. 2017;13(40): 88-92. doi: 10.21660/2017.40.65948
19. Li RG, Wang XP, Wang CY, Ma MW, Li FC. Growth performance, meat quality and fatty acid metabolism response of growing meat rabbits to dietary linoleic acid. *Asian-Aust J Anim Sci*. 2012;25(8):1169-1177. doi: 10.5713/ajas.2012.12085
20. Logachev K, Karimov I, Duskaev G, Frolov A, Tulebaev S, Zav`yalov O. Study of inter-cellular interaction of ruminal microorganisms of beef cattle. *Asian J of Animal Sci*. 2015;9(5):248-253. doi: 10.3923/ajas.2015.248.253
21. Long SF, Xu YT, Pan L, et al. Mixed organic acids as antibiotic substitutes improve performance, serum immunity, intestinal morphology and microbiota for weaned piglets. *Anim Feed Sci Technol*. 2018;235:23-32. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2017.08.018
22. Makaeva A, Atlanderova K, Duskaev G, Nurzhanov B, Rysaev A. Effects of folia betulae and menthe piperita extracts on microbiological and enzymatic characteristics of cattle rumen. *Journal of Animal Science*. 2020;98(S4):257-258. doi: 10.1093/jas/skaa278.465
23. McAllister TA, Rode LM, Major DJ, Cheng KJ, Buchanan-Smith JG. Effect of ruminal microbial colonization on cereal grain digestion. *Can J Anim Sci*. 1990;70(2):571-579. doi: 10.4141/cjas90-069
24. Mora L, Sentandreu MA, Toldrá F. Hydrophilic chromatographic determination of carnosine, anserine, balenine, creatine, and creatinine. *J of Agricultural and Food Crumenistry*. 2007;55(12):4664-4669. doi: 10.1021/jf0703809
25. Ozutsumi Y, Tajima K, Takenaka A, Itabashi H. The effect of protozoa on the composition of rumen bacteria in cattle using 16S rRNA gene clone libraries. *Biosci Biotechnol Biochem*. 2005;69(3):499-506. doi: 10.1271/bbb.69.499
26. Partanen K, Jalava T, Valaja J. Effects of a dietary organic acid mixture and of dietary fibre levels on ileal and faecal nutrient apparent digestibility, bacterial nitrogen flow, microbial metabolite concentrations and rate of passage in the digestive tract of pigs. *Animal*. 2007;1(3):389-401. doi: 10.1017/S1751731107657838
27. Pitta DW, Pinchak WE, Dowd SE, Osterstock J, Gontcharova V, Youn E, Dorton K, Yoon I, Min BR, Fulford JD, Wickersham TA, Malinowski DP. Rumen bacterial diversity dynamics associated with changing from bermudagrass hay to grazed winter wheat diets. *Microb Ecol*. 2010;59:511-522. doi: 10.1007/s00248-009-9609-6

28. Saraiva LA, Silva TPD, Paraguaio PE, Araújo MS, Sousa SV, Machado LP. Serum urea, creatinine and enzymatic activity of alkaline phosphatase in Nelore cattle raised in the Micro Upper Middle Gurguéia. *Anim Vet Sci.* 2014;2(4):105-108. doi: 10.11648/j.avs.20140204.14
29. Sizova E, Miroshnikov S, Lebedev S, Usha B, Shabunin S. Use of nanoscale metals in poultry diet as a mineral feed additive. *Animal Nutrition.* 2020;6(2):185-191. doi: 10.1016/j.aninu.2019.11.007
30. Snowden GD, Van Vleck LD, Cundiff LV, Bennett GL. Bovine respiratory disease in feedlot cattle: environmental, genetic, and economic factors. *J Anim Sci.* 2006;84(8):1999-2008. doi: 10.2527/jas.2006-046
31. Williams K, Milner J, Boudreau MD, Gokulan K, Cerniglia CE, Khare S. Effects of sub-chronic exposure of silver nanoparticles on intestinal microbiota and gut-associated immune responses in the ileum of Sprague-Dawley rats. *Nanotoxicol.* 2015;9(3):279-89. doi: 10.3109/17435390.2014.921346
32. Xu L, Hou Y, Bickhart DM, Song J, Tassell CPV, Sonstegard TS, Liu GE. A genome-wide survey reveals a deletion polymorphism associated with resistance to gastrointestinal nematodes in Angus cattle. *Funct Integr Genomics.* 2014;14(2):333-339. doi: 10.1007/s10142-014-0371-6
33. Xu YT, Liu L, Long SF, Pan L, Piao XS. Effect of organic acids and essential oils on performance, intestinal health and digestive enzyme activities of weaned pigs. *Anim Feed Sci Technol.* 2018;235:110-119. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2017.10.012

References

1. Bagirov VA, Duskaev GK, Kazachkova NM, Rakhmatullin ShG, Yausheva EV, Kosyan DB, Makaev ShA, Dusaeva KhB. Addition of Quercus cortex extract to broiler diet changes slaughter indicators and biochemical composition of muscle tissue. *Sel'skokhozyaistvennaya Biologiya [Agricultural Biology]*. 2018;53(4):799-810. doi: 10.15389/agrobiol.2018.4.799eng
2. Ivanishcheva AP, Kamirova AM. The effect of the complex of silicon oxide and succinic acid on the elemental composition of the scar contents of ruminants. (Conference proceedings) In the collection: World scientific achievements in the field of natural and technical sciences. Materials of the X International Scientific and Practical Conference. Ryazan'; 2023:142-144.
3. Fisinin VI, Ushakov AS, Duskaev GK, Kazachkova NM, Nurzhanov BS, Rakhmatullin ShG, Levakhin GI. Mixtures of biologically active substances of oak bark extracts change immunological and productive indicators of broilers. *Sel'skokhozyaistvennaya Biologiya [Agricultural Biology]*. 2018;53(2):385-392. doi: 10.15389/agrobiol.2018.2.385eng
4. Kolbin IA, Kolesnikov OL. Phagocytic activity of neutrophil granulocytes exposed to silicon dioxide nanoparticles. *Journal of Ural Medical Academic Science.* 2010;2-1(29):36-37.
5. Sizova EA, Ryazantseva KV, Musabaeva LL, Nechitailo KS, Ivanishcheva AP, Vlasov EA. Feed additive based on silicon in the diet of broiler chickens. *Poultry and Poultry Products.* 2024;2:36-39.
6. Ivanishcheva AP, Sizova EA, Kamirova AM, Musabaeva LL, Solovyov MV. Macro- and microelements in animal nutrition: a variety of substances and forms. *Animal Husbandry and Fodder Production.* 2023;106(2):85-111. doi: 10.33284/2658-3135-106-2-85
7. Papunidi KH, Papunidi EK, Yakupova LF, Gracheva OA, Volkov AH, Smolentsev SY. Scientific justification of the use of succinic acid and preparations based on it (monograph). Yoshkar-Ola: Mari State University; 2022:234 p.
8. Sizova EA, Nechitailo KS, Ivanishcheva AP, Ryabov NI. The prospects of using ultra-dispersed forms of metals in animal feeding. *Animal Husbandry and Fodder Production.* 2020;103(3):177-189. doi: 10.33284/2658-3135-103-3-177
9. Shumakova AA, Arianova EA, Shipelin VA, Sidorova YuS, Selifanov AV, Trushina EN, Mustafina OK, Safenkova IV, Gmoshinsky IV, Khotimchenko SA, Tutelyan VA. Toxicological assessment of nanostructured silica. I. Integral indices, adducts of DNA, tissue thiols and apoptosis in liver. *Problems of Nutrition.* 2014;83(3):52-62.

10. Trunov MA. Action and use of the drug YAK-85 in poultry farming: abstract. dis. Ph.D. vet. Sci. Krasnodar; 2000:15 p.
11. Makaeva AM, Atlanderova KN, Sizova EA, Miroshnikov SA, Vanshin VV. The elemental and microecological composition of rumen after use of highly dispersive particles in cattle feeding. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2019;102(3):19-32. doi: 10.33284/2658-3135-102-3-19
12. Ahmed ST, Hwang JA, Hoon J, Mun HS, Yang CJ. Comparison of single and blend acidifiers as alternative to antibiotics on growth performance, fecal microflora, and humoral immunity in weaned piglets. *Asian-Australas J Anim Sci*. 2014;27(1):93-100. doi: 10.5713/ajas.2013.13411
13. Ajdary M, Ghahnavieh MZ and Naghsh N. Sub-chronic toxicity of gold nanoparticles in male mice. *Adv Biomed Res*. 2015;4:67. doi: 10.4103/2277-9175.153890
14. Chen Y, Oba M, Guan LL. Variation of bacterial communities and expression of Toll-like receptor genes in the rumen of steers differing in susceptibility to subacuteruminal acidosis. *Veterinary Microbiology*. 2012;159(3-4):451-459. doi: 10.1016/j.vetmic.2012.04.032
15. Chen YH, Penner GB, Li MJ, Oba M, Guan LL. Changes in bacterial diversity associated with epithelial tissue in the beef cow rumen during the transition to a high-grain diet. *Appl Environ Microbiol*. 2011;77(16):5770-5781. doi: 10.1128/AEM.00375-11
16. Galyean ML, Perino LJ, Duff GC. Interaction of cattle health/immunity and nutrition. *J Anim Sci*. 1999;77(5):1120-1134. doi: 10.2527/1999.7751120x
17. Iannotti LL. The benefits of animal products for child nutrition in developing countries. *Rev Sci Tech*. 2018;37(1):37-46. doi: 10.20506/rst.37.1.2738
18. Karimov I, Duskaev G, Inchagova K, Kartabaeva M. Inhibition of bacterial Quorum sensing by the ruminal fluid of cattle. *Int J of Geomate*. 2017;13(40): 88-92. doi: 10.21660/2017.40.65948
19. Li RG, Wang XP, Wang CY, Ma MW, Li FC. Growth performance, meat quality and fatty acid metabolism response of growing meat rabbits to dietary linoleic acid. *Asian-Aust J Anim Sci*. 2012;25(8):1169-1177. doi: 10.5713/ajas.2012.12085
20. Logachev K, Karimov I, Duskaev G, Frolov A, Tulebaev S, Zav`yalov O. Study of inter-cellular interaction of ruminal microorganisms of beef cattle. *Asian J of Animal Sci*. 2015;9(5):248-253. doi: 10.3923/ajas.2015.248.253
21. Long SF, Xu YT, Pan L, et al. Mixed organic acids as antibiotic substitutes improve performance, serum immunity, intestinal morphology and microbiota for weaned piglets. *Anim Feed Sci Technol*. 2018;235:23-32. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2017.08.018
22. Makaeva A, Atlanderova K, Duskaev G, Nurzhanov B, Rysaev A. Effects of folia betulae and menthe piperita extracts on microbiological and enzymatic characteristics of cattle rumen. *Journal of Animal Science*. 2020;98(S4):257-258. doi: 10.1093/jas/skaa278.465
23. McAllister TA, Rode LM, Major DJ, Cheng KJ, Buchanan-Smith JG. Effect of ruminal microbial colonization on cereal grain digestion. *Can J Anim Sci*. 1990;70(2):571-579. doi: 10.4141/cjas90-069
24. Mora L, Sentandreu MA, Toldrá F. Hydrophilic chromatographic determination of carnosine, anserine, balenine, creatine, and creatinine. *J of Agricultural and Food Crumenistry*. 2007;55(12):4664-4669. doi: 10.1021/jf0703809
25. Ozutsumi Y, Tajima K, Takenaka A, Itabashi H. The effect of protozoa on the composition of rumen bacteria in cattle using 16S rRNA gene clone libraries. *Biosci Biotechnol Biochem*. 2005;69(3):499-506. doi: 10.1271/bbb.69.499
26. Partanen K, Jalava T, Valaja J. Effects of a dietary organic acid mixture and of dietary fibre levels on ileal and faecal nutrient apparent digestibility, bacterial nitrogen flow, microbial metabolite concentrations and rate of passage in the digestive tract of pigs. *Animal*. 2007;1(3):389-401. doi: 10.1017/S1751731107657838
27. Pitta DW, Pinchak WE, Dowd SE, Osterstock J, Gontcharova V, Youn E, Dorton K, Yoon I, Min BR, Fulford JD, Wickersham TA, Malinowski DP. Rumen bacterial diversity dynamics associated with changing from bermudagrass hay to grazed winter wheat diets. *Microb Ecol*. 2010;59:511-522. doi: 10.1007/s00248-009-9609-6

28. Saraiva LA, Silva TPD, Paraguaio PE, Araújo MS, Sousa SV, Machado LP. Serum urea, creatinine and enzymatic activity of alkaline phosphatase in Nelore cattle raised in the Micro Upper Middle Gurguéia. *Anim Vet Sci.* 2014;2(4):105-108. doi: 10.11648/j.avs.20140204.14
29. Sizova E, Miroshnikov S, Lebedev S, Usha B, Shabunin S. Use of nanoscale metals in poultry diet as a mineral feed additive. *Animal Nutrition.* 2020;6(2):185-191. doi: 10.1016/j.aninu.2019.11.007
30. Snowden GD, Van Vleck LD, Cundiff LV, Bennett GL. Bovine respiratory disease in feedlot cattle: environmental, genetic, and economic factors. *J Anim Sci.* 2006;84(8):1999-2008. doi: 10.2527/jas.2006-046
31. Williams K, Milner J, Boudreau MD, Gokulan K, Cerniglia CE, Khare S. Effects of sub-chronic exposure of silver nanoparticles on intestinal microbiota and gut-associated immune responses in the ileum of Sprague-Dawley rats. *Nanotoxicol.* 2015;9(3):279-89. doi: 10.3109/17435390.2014.921346
32. Xu L, Hou Y, Bickhart DM, Song J, Tassell CPV, Sonstegard TS, Liu GE. A genome-wide survey reveals a deletion polymorphism associated with resistance to gastrointestinal nematodes in Angus cattle. *Funct Integr Genomics.* 2014;14(2):333-339. doi: 10.1007/s10142-014-0371-6
33. Xu YT, Liu L, Long SF, Pan L, Piao XS. Effect of organic acids and essential oils on performance, intestinal health and digestive enzyme activities of weaned pigs. *Anim Feed Sci Technol.* 2018;235:110-119. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2017.10.012

Информация об авторах:

Айна Маратовна Камирова, кандидат биологических наук, научный сотрудник центра «Нанотехнологии в сельском хозяйстве», Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, д. 29, тел.: 8-922-548-44-89.

Елена Анатольевна Сизова, доктор биологических наук, руководитель центра «Нанотехнологии в сельском хозяйстве», Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, д. 29; профессор научно-образовательного центра «Биологические системы и нанотехнологии», Оренбургский государственный университет, 460018, г. Оренбург, пр. Победы, 13, тел.: 8-912-344-99-07.

Анастасия Павловна Иванищева, младший научный сотрудник Испытательного центра ЦКП, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, д. 29, тел.: 8-987-843-58-22.

Даниил Евгеньевич Шошин, аспирант, лаборант-исследователь центра «Нанотехнологии в сельском хозяйстве», Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, д. 29; ассистент научно-образовательного центра «Биологические системы и нанотехнологии», Оренбургский государственный университет, 460018, г. Оренбург, пр. Победы, 13, тел.: 8-965-932-53-67.

Елена Владимировна Яушева, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, руководитель лаборатории молекулярно-генетических исследований и металломики в животноводстве, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, д. 29, тел.: 8-987-850-07-15.

Information about the authors:

Ayna M Kamirova, Cand. Sci. (Biology), Researcher of the Centre for Nanotechnologies in Agriculture, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29 9 Yanvarya St., Orenburg, 460000, tel.: 8-922-548-44-89.

Elena A Sizova, Dr. Sci. (Biology), Head of the Centre for Nanotechnologies in Agriculture, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29 9 Yanvarya St., Orenburg, 460000; Professor of the Scientific and Educational Center «Biological Systems and Nanotechnologies», Orenburg State University, 13, Pobedy Ave., Orenburg, 460018, tel.: 8-912-344-99-07.

Anastasia P Ivanishcheva, Junior Researcher at the Testing Center of the Common Use Center, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29 9 Yanvarya St., Orenburg, 460000, tel.: 8-987-843-58-22.

Daniil E Shoshin, Postgraduate student, Laboratory Researcher of the Centre for Nanotechnologies in Agriculture, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29 9 Yanvarya St., Orenburg, 460000; Assistant at the Scientific and Educational Center «Biological Systems and Nanotechnologies», Orenburg State University, 13 Pobedy Ave., Orenburg, 460018, tel.: 8-965-932-53-67.

Elena V Yausheva, Cand. Sci. (Biology), Senior Researcher, Head of the Laboratory of Molecular Genetic Research and Metallomics in Animal Husbandry, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29 9 Yanvarya St., Orenburg, 460000, tel.: 8-987-850-07-15.

Статья поступила в редакцию 15.02.2024; одобрена после рецензирования 22.05.2023; принята к публикации 10.06.2024.

The article was submitted 15.02.2024; approved after reviewing 22.05.2023; accepted for publication 10.06.2024.

БИОЭЛЕМЕНТОЛОГИЯ В ЖИВОТНОВОДСТВЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВЕ

Научная статья

УДК 639.3.043

doi:10.33284/2658-3135-107-2-27

Влияние активированного угля на элементный состав мышечной ткани радужной форели

Олег Владимирович Иньшин¹, Елена Петровна Мирошникова², Азамат Ерсайнович Аринжанов³,
Сергей Александрович Мирошников^{4,5}

^{1,5}Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, Оренбург, Россия

^{2,3,4}Оренбургский государственный университет, Оренбург, Россия

¹oleg0_0_0@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5200-4298>

²elenaakva@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3804-5151>

³arin.azamat@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6534-7118>

^{4,5}rector_osu@mail.osu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1173-1952>

Аннотация. Изучение элементного статуса рыб обусловлено необходимостью всестороннего изучения эффекта от воздействия различных кормовых добавок на организм животных. Целью проведенных исследований было изучение действия активированного угля (АУ) на концентрацию химических элементов в мышечной ткани радужной форели (*Oncorhynchus mykiss*). В работе представлены результаты влияния АУ в дозировках 1 г/кг, 2 и 3 г/кг корма на элементный статус радужной форели. В ходе исследований установлено, что включение активированного угля в рацион форели в дозировке 1 г/кг корма способствовало повышению Pb на 144,4 % ($P \leq 0,001$) и Cu – на 11,92 % ($P \leq 0,05$) и понижению уровня макро- и микроэлементов. При использовании дозировки в 2 г/кг комбикорма понизился уровень Na, Ca, P. Среди микроэлементов повысился уровень Pb на 77,77 % ($P \leq 0,001$), при этом понизился: Co, Se, Ni, Mn, Zn, Fe, Ag, Cd, As, Sr, Al, In, Ba, Tl. Использование в кормлении рыбы АУ в дозировке 3 г/кг корма способствовало повышению макроэлементов Na и Ca на 18,52 % ($P \leq 0,05$) и 14,05% ($P \leq 0,05$) соответственно. Среди микроэлементов отмечено достоверное повышение Pb на 127,77 % ($P \leq 0,001$) и понижение Co, Ni, Mn, Cr, Zn, Fe, Ag, Cd, Sr, Al, In, Ba, Tl, Bi. Таким образом, в ходе эксперимента был установлен факт прямого воздействия АУ на уровень макро- и микроэлементов в мышечной ткани рыб. Дозировка АУ в 2 г/кг корма является наиболее оптимальной и положительно влияет на динамику роста живой массы рыб, при этом обеспечивая допустимые отклонения в элементном профиле радужной форели.

Ключевые слова: аквакультура, форель, кормление рыб, кормовые добавки, мышечная ткань, элементный статус, активированный уголь

Благодарности: работа выполнена при поддержке Российского научного фонда, проект № 23-76-10054.

Для цитирования. Влияние активированного угля на элементный статус мышечной ткани радужной форели / О.В. Иньшин, Е.П. Мирошникова, А.Е. Аринжанов, С.А. Мирошников // Животноводство и кормопроизводство. 2024. Т. 107, № 2. С. 27-37. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-107-2-27>

Oleg V Inshin¹, Elena P Miroshnikova², Azamat E Arinzhanov³, Sergey A Miroshnikov^{4,5}

^{1,5}Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia

^{2,3,4}Orenburg State University, Orenburg, Russia

¹oleg0_0_0@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5200-4298>

²elenaakva@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3804-5151>

³arin.azamat@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6534-7118>

^{4,5}rector_osu@mail.osu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1173-1952>

Abstract. The study of the elemental status of fish is due to the need for a comprehensive study of the effect of various feed additives on the animal body. The purpose of the research was to study the effect of activated carbon (AC) on the concentration of chemical elements in the muscle tissue of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). The paper presents the results of the effect of AC in dosages of 1 g/kg, 2 and 3 g/kg of feed on the elemental status of rainbow trout. During the research, it was found that the inclusion of activated carbon in the trout diet at a dosage of 1 g/kg of feed contributed to an increase in Pb by 144.4% ($P \leq 0.001$) and Cu by 11.92% ($P \leq 0.05$) and a decrease in the level of macro- and microelements. When using a dosage of 2 g / kg of compound feed, the level of Na, Ca, P decreased. Among the trace elements, the level of Pb increased by 77.77% ($P \leq 0.001$), while the following decreased: Co, Se, Ni, Mn, Zn, Fe, Ag, Cd, As, Sr, Al, In, Ba, Tl. The use of AC in fish feeding at a dosage of 3 g/kg of feed contributed to an increase in the macronutrients Na and Ca by 18.52% ($P \leq 0.05$) and 14.05% ($P \leq 0.05$), respectively. Among the trace elements, a significant increase of Pb by 127.77% ($P \leq 0.001$) and decrease of Co, Ni, Mn, Cr, Zn, Fe, Ag, Cd, Sr, Al, In, Ba, Tl, Bi were observed. Thus, during the experiment, the fact of direct effect of AC on the level of macro- and microelements in fish muscle tissue was established. The dosage of AC in 2 g/kg of feed is the most optimal and has a positive effect on the dynamics of live weight of fish, while providing acceptable deviations in the elemental profile of rainbow trout.

Keywords: aquaculture, trout, fish feeding, feed additives, muscle tissue, elemental status, activated carbon

Acknowledgments: the work was supported by the Russian Science Foundation, Project No. 23-76-10054.

For citation: Inshin OV, Miroshnikova EP, Arinzhanov AE, Miroshnikov SA. Effect of activated carbon on the elemental status of muscle tissue in rainbow trout. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2024;107(2):27-37. (In Russ.). <https://doi.org/10.33284/2658-3135-107-2-27>

Введение.

Для снижения экономических потерь при выращивании рыбы относительно недавно практически повсеместно профилактические или лечебные мероприятия проводились с использованием антибиотиков. Установлено, что введение антибиотиков в небольших дозировках, в сотни раз меньше их лечебных доз, стимулирует рост и выживаемость рыб, а также способствует улучшению минерального и белкового обменов (Шульгина Л.В. и др., 2015).

В настоящее время возрастает риск развития устойчивости к антибиотикам и, как следствие, к возникновению рисков в животноводстве, аквакультуре и медицине (Мингазова М.С. и др., 2024). Появление резистентности возбудителей многих инфекционных заболеваний к антибиотикам существенно усложняет лечение человека. По этой причине современные учёные вынуждены заниматься поиском новых кормовых добавок для объектов аквакультуры (Зуева М.С., 2022).

Анализ литературы показал несколько исследований на выращиваемой рыбе с использованием активированного угля (АУ) в качестве детоксикационного агента, который повлиял на скорость темпов роста, иммуномодуляцию и формирование оптимальных условий окружающей среды за счёт минимизации стрессов (Abdel-Tawwab M et al., 2017; Mabe LT et al., 2018).

АУ используется в процессе, называемым хелатирование (Samadaii S and Bahrekazemi M, 2019). Он может поглощать газы, особенно азот и аммиак, стимулировать работу кишечника и выводить токсины и загрязняющие вещества из желудочно-кишечного тракта животных (Mekbungwan A et al., 2004).

Цель исследования.

Изучить действие активированного угля на концентрацию химических элементов в мышечной ткани радужной форели (*Oncorhynchus mykiss*).

Материалы и методы исследования.

Объект исследования. Годовики радужной форели (*Oncorhynchus mykiss*) средней массой 330 г.

Обслуживание животных и экспериментальные исследования были выполнены в соответствии с инструкциями и рекомендациями нормативных актов: Модельный закон Межпарламентской Ассамблеи государств-участников Содружества Независимых Государств "Об обращении с животными", ст. 20 (постановление МА государств-участников СНГ № 29-17 от 31.10.2007 г.). При проведении исследований были предприняты меры для обеспечения минимума страданий животных и уменьшения количества исследуемых опытных образцов.

Схема эксперимента. Эксперимент проводился на базе садкового хозяйства ООО «Ирикларьба» (п. Энергетик, Новоорский район, Оренбургская область, Россия) в 2023 году.

Методом пар-аналогов были отобраны 400 рыб ($m=330$ г) и сформированы четыре группы ($n=100$), которые в течение первых 7 суток (подготовительный период) получали основной рацион (ОР). Затем группы были переведены на учётный период (8-100 суток), в рамках которого рыбам в ОР дополнительно вводили АУ: I опытная группа – ОР+АУ (доза 1 г/кг корма), II опытная группа – ОР+АУ (2 г/кг корма), III опытная группа – ОР+АУ (3 г/кг корма). Контрольная группа получала ОР без АУ.

Корма опытных групп готовили, используя метод напыления кормовых добавок на гранулы комбикорма. В качестве ОР использовали экструдированный корм «Форель 42/20 А50» («ЛимКорм Аква», Россия). Суточная норма кормления – 1,6 % от массы тела рыб в соответствии с технологией выращивания. Рыбу кормили в светлое время суток 5 раз в день.

Отбор мышц проводили после обескровливания рыб. У каждого экземпляра отделяли голову, плавники, чешую, внутренние органы, кости и мышечную ткань. Мышечная ткань измельчалась и пропускалась трижды через мясорубку. Полученную массу помещали в отдельные вакуумные пакеты и подвергали замораживанию. Затем пробы в замороженном виде передавались для исследований в лабораторию.

Оборудование и технические средства. Анализ содержания химических элементов в мышечной ткани рыб проведён в лаборатории Испытательного центра ЦКП БСТ РАН (г. Оренбург) (<http://цкп-бст.рф>). В образцах была определена концентрация 26 элементов (Ca, K, Mg, Al, Na, P, B, Ni, Ga, Ag, In, Ba, Tl, Bi, As, Co, Cr, Cu, Fe, I, Ni, Se, Zn, Cd, Pb, Mn).

Статистическая обработка. Статистическую обработку полученных данных проводили с помощью офисного программного комплекса «Microsoft Office» с применением программы «Excel» («Microsoft», США) с обработкой данных в «Statistica 10.0» («Stat Soft Inc.», США). Данные представлены в виде: среднее (M) $\pm$ стандартная ошибка среднего (m). Определение достоверности различий определяли по t -критерию Стьюдента. Достоверными считали результаты при $P \leq 0,05$.

Результаты исследования.

Было выявлено, что включение АУ влияет на уровень ряда макро- и микроэлементов в мышечной ткани рыб (табл. 1). Так, применение АУ в I опытной группе сопровождалось понижением уровня Na на 33,10 % ($P \leq 0,05$) и Ca – на 17,74 % ($P \leq 0,01$) (рис. 1).

Таблица 1. Концентрация химических элементов в мышечной ткани рыб, мг/кг
Table 1. Concentration of chemical elements in fish muscle tissue, mg/kg

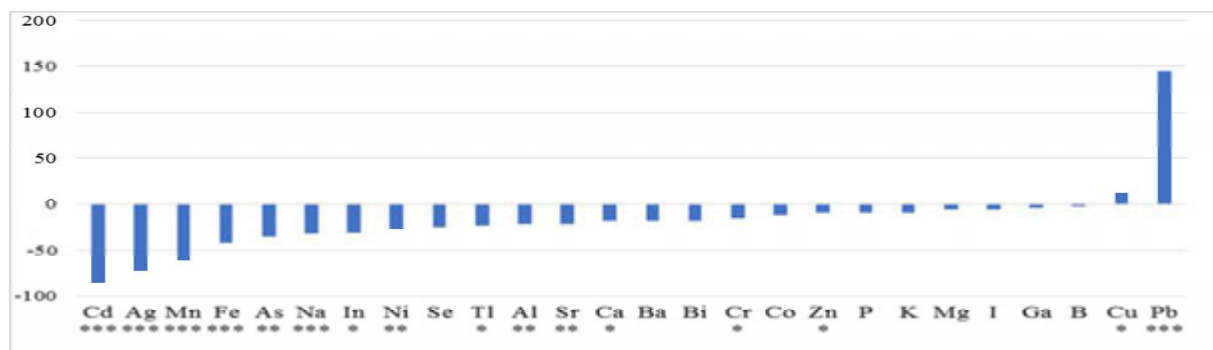
Элемент / <i>Elements</i>	Группа / <i>Group</i>			
	Контроль/ <i>control</i>	I	II	III
Макроэлементы / <i>Macroelements</i>				
Mg	1120,8 ± 41,47	1050,6 ± 33,62	1092,56 ± 39,78	1157,9 ± 35,89
Na	1275,9 ± 27,42	853,6 ± 29,02***	776,9 ± 31,08***	1039,5 ± 36,38*
Ca	969,4 ± 30,05	793,4 ± 27,77*	507,6 ± 16,75***	834,25 ± 32,54*
P	9887,49 ± 326,29	8970,07 ± 340,86	8193,56 ± 376,9*	10019 ± 330,63
K	15548,8 ± 544,21	14114,7 ± 508,13	13872,1 ± 492,11	15950,4 ± 486,11
Эссенциальные и условно-эссенциальные элементы / <i>Essential and conditionally essential elements</i>				
Co	0,049 ± 0,004	0,043 ± 0,002	0,024 ± 0,003**	0,034 ± 0,002**
Se	0,86 ± 0,18	0,65 ± 0,11	0,44 ± 0,08*	0,87 ± 0,38
Ni	0,29 ± 0,02	0,21 ± 0,01**	0,24 ± 0,01*	0,21 ± 0,02**
Mn	1,15 ± 0,04	0,79 ± 0,03***	0,55 ± 0,02***	0,66 ± 0,02***
I	0,69 ± 0,03	0,62 ± 0,02	0,67 ± 0,02	0,68 ± 0,04
B	2,17 ± 0,14	2,11 ± 0,07	2,01 ± 0,17	1,97 ± 0,16
Cr	0,71 ± 0,031	0,60 ± 0,025*	0,69 ± 0,022	0,59 ± 0,028*
Cu	1,51 ± 0,048	1,69 ± 0,071*	1,55 ± 0,047	1,49 ± 0,084
Zn	17,24 ± 0,64	15,61 ± 0,59*	13,04 ± 0,42***	14,98 ± 0,71*
Fe	46,89 ± 2,29	27,21 ± 1,33***	22,22 ± 2,67***	22,99 ± 2,78***
Ag	0,054 ± 0,003	0,015 ± 0,002***	0,019 ± 0,001***	0,024 ± 0,002***
Потенциально токсичные элементы и ультрамикроэлементы / <i>Potentially toxic elements and ultramicroelements</i>				
Cd	0,075 ± 0,002	0,011 ± 0,003***	0,011 ± 0,001***	0,021 ± 0,009***
As	1,85 ± 0,16	1,21 ± 0,11**	1,08 ± 0,05**	2,05 ± 0,19
Pb	0,18 ± 0,017	0,44 ± 0,019***	0,32 ± 0,014***	0,41 ± 0,019***
Sr	1,44 ± 0,061	1,13 ± 0,038**	0,57 ± 0,019***	1,05 ± 0,038**
Al	40,26 ± 1,61	31,54 ± 1,07**	14,63 ± 0,69***	11,08 ± 0,35***
Токсичные и малоизученные микроэлементы / <i>Toxic and poorly studied elements</i>				
In	0,023 ± 0,002	0,016 ± 0,003*	0,013 ± 0,001**	0,011 ± 0,002**
Ba	0,15 ± 0,007	0,16 ± 0,006	0,11 ± 0,005*	0,12 ± 0,004*
Tl	0,0026 ± 0,0002	0,0020 ± 0,0001*	0,0021 ± 0,0001*	0,0015 ± 0,0005**
Bi	0,0056 ± 0,0008	0,0046 ± 0,0005	0,0042 ± 0,0006	0,0035 ± 0,0004*
Ga	0,022 ± 0,004	0,021 ± 0,001	0,017 ± 0,001	0,019 ± 0,002

Примечание: * – P≤0,05; ** – P≤0,01; *** – P≤0,001 при сравнении с контрольной группой

Note: * – P≤0.05; ** – P≤0.01; *** – P≤0.001 when compared with the control group

Зафиксирована общая тенденция к понижению уровня макроэлементов, снижению ряда эссенциальных и условно-эссенциальных микроэлементов. Для I опытной группы по большей части характерно достоверное снижение пула эссенциальных и условно-эссенциальных микроэлементов, а именно: Ni – на 27,58 % (P≤0,01), Mn – на 31,30 % (P≤0,001), Cr – на 15,49 % (P≤0,05), Fe – на 41,97 % (P≤0,001), Ag – на 72,22 % (P≤0,001) по сравнению с контролем. Кроме того, зафиксировано значительное снижение ряда потенциально токсичных микроэлементов и ультрамикроэлементов в организме радужной форели. Так, достоверно отмечены снижения для Cd на 85,33 % (P≤0,001), As – на 34,59 % (P≤0,01), Sr – 21,52 % (P≤0,01), Al – на 21,65 % (P≤0,01) (рис. 1). При этом досто-

верно повысился уровень Pb на 144,40 % ($P \leq 0,001$) и Cu на 11,92% ($P \leq 0,05$). Так же, достоверно понизился уровень In и Tl на 30,43 % ($P \leq 0,05$) и 23,07 % ($P \leq 0,05$) соответственно.



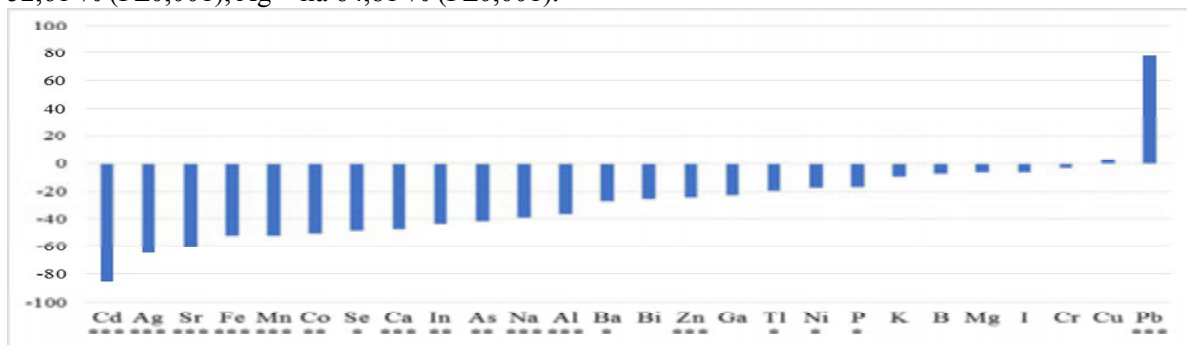
Примечание: * – $P \leq 0,05$; ** – $P \leq 0,01$; *** – $P \leq 0,001$ при сравнении с контрольной группой

Note: * – $P \leq 0,05$; ** – $P \leq 0,01$; *** – $P \leq 0,001$ when compared with the control group

Рисунок 1. Элементный профиль концентраций химических элементов в мышечной ткани I опытной группы по сравнению с контролем, %

Figure 1. Elemental profile of chemical elements concentrations in the muscle tissue of the I experimental group compared to the control, %

Во II опытной группе также наблюдалось общее снижение уровня макро- и микроэлементов относительно контрольной группы (рис. 2), а также группы потенциально токсичных элементов и ультрамикроэлементов. Значительно понизился уровень Na на 39,10 % ($P \leq 0,001$), Ca – на 47,63 % ($P \leq 0,001$), P – на 17,13 % ($P \leq 0,05$). Среди пула эссенциальных и условно-эссенциальных элементов установили достоверное снижение следующих микроэлементов: Co – на 51,02 % ($P \leq 0,01$), Se – на 48,83 % ($P \leq 0,05$), Ni – на 17,20 % ($P \leq 0,05$), Mn – на 52,17 % ($P \leq 0,001$), Zn – на 24,36 % ($P \leq 0,001$), Fe – на 52,61 % ($P \leq 0,001$), Ag – на 64,81 % ($P \leq 0,001$).



Примечание: * – $P \leq 0,05$; ** – $P \leq 0,01$; *** – $P \leq 0,001$ при сравнении с контрольной группой

Note: * – $P \leq 0,05$; ** – $P \leq 0,01$; *** – $P \leq 0,001$ when compared with the control group

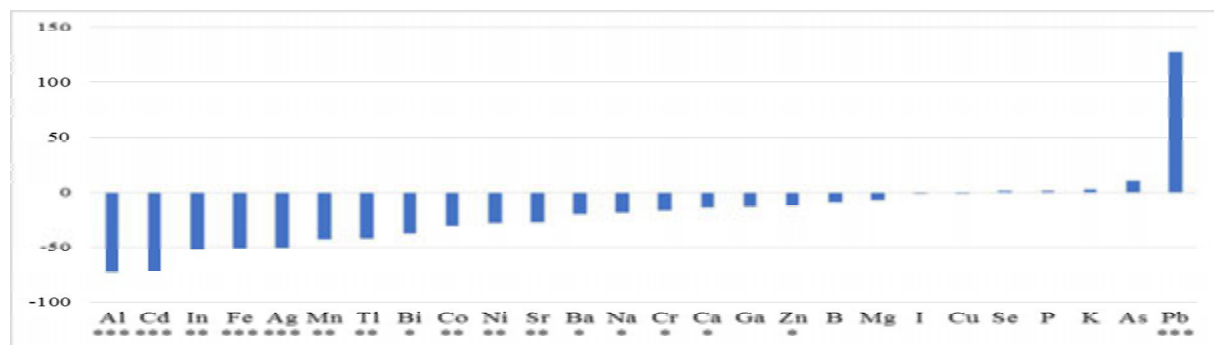
Рисунок 2. Элементный профиль концентраций химических элементов в мышечной ткани II опытной группы по сравнению с контролем, %

Figure 2. Elemental profile of chemical elements concentrations in the muscle tissue of the II experimental group compared to the control, %

Зафиксировано снижение ряда потенциально токсичных микроэлементов и ультрамикроэлементов относительно контрольной группы: Cd – на 85,33 % ($P \leq 0,001$), As на 41,62 ($P \leq 0,001$), Sr – на 60,41 % ($P \leq 0,001$), Al – на 36,33 % ($P \leq 0,001$) по сравнению с контролем. Исключение составил Pb, уровень которого был выше контроля на 77,77 % ($P \leq 0,001$). Среди группы токсичных и мало-

изученных элементов зафиксировано достоверное снижение In на 43,47 % ($P \leq 0,01$), Ba – на 26,66 % ($P \leq 0,05$) и Tl – на 23,07 % ($P \leq 0,05$).

Для III опытной группы (рис. 3) при дозировке АУ 3 мг/кг корма также обнаружено снижение большей части химических элементов, за исключением Pb, который повысился на 127,77 % ($P \leq 0,001$) относительно контроля.



Примечание: * – $P \leq 0,05$; ** – $P \leq 0,01$; *** – $P \leq 0,001$ при сравнении с контрольной группой

Note: * – $P \leq 0,05$; ** – $P \leq 0,01$; *** – $P \leq 0,001$ when compared with the control group

Рисунок 3. Элементный профиль концентраций химических элементов в мышечной ткани III опытной группы по сравнению с контролем, %

Figure 3. Elemental profile of chemical elements concentrations in the muscle tissue of the III experimental group compared to the control, %

Среди макроэлементов отмечено достоверное снижение Na и Ca на 18,52 % ($P \leq 0,05$) и 14,05 % ($P \leq 0,05$) соответственно.

Среди пула эссенциальных и условно-эссенциальных элементов отмечены достоверные снижения относительно контроля ряда следующих элементов: Co – на 30,61 % ($P \leq 0,01$), Ni – на 27,58 % ($P \leq 0,01$), Mn – на 42,60 % ($P \leq 0,001$), Cr – на 16,09 % ($P \leq 0,05$), Zn – на 13,10 % ($P \leq 0,05$), Fe – на 50,97 % ($P \leq 0,001$), Ag – на 55,55 % ($P \leq 0,001$).

В группе потенциально токсичных элементов и ультрамикроэлементов отмечено достоверное снижение Cd на 72,00 % ($P \leq 0,001$), Sr – 27,08 % ($P \leq 0,01$), Al – 72,47 % ($P \leq 0,001$). Пул токсичных и малоизученных элементов в III опытной группе также снижался. Так, установили достоверное снижение In на 52,17 % ($P \leq 0,01$), Ba – на 20,00 % ($P \leq 0,05$), Tl – на 42,30 % ($P \leq 0,01$) и Bi – на 37,50 % ($P \leq 0,05$) относительно контроля.

Обсуждение полученных результатов.

Физиологическое состояние и рост рыб напрямую зависят от веществ, поступающих в организм с кормом. Без получения необходимого количества химических элементов организм не способен к положительной динамике роста, поскольку химические элементы играют главную роль в формировании белковых структур (El-Kady AA et al., 2022). На уровень макро- и микроэлементов в организме в первую очередь оказывает влияние рацион (Outa JO et al., 2020). Известно, что активированный уголь оказывает положительное влияние на рост и общее физиологическое состояние некоторых видов рыб, поскольку способен абсорбировать различные патогены и продукты их метаболизма, в том числе увеличить вывод аммиака и тяжёлых металлов (Elhetawy AIG et al., 2023). Также пищевые добавки с активированным и древесным углём улучшают абсорбционную функцию кишечных ворсинок и эпителиальных клеток кишечника, тем самым улучшая использование корма (Mekbungwan A et al., 2004), а также увеличивая высоту ворсинок кишечника (Boonanuntanasarn S et al., 2014; Pirarat N et al., 2015).

Для всех опытных групп характерно достоверное снижение таких макроэлементов как Na и Ca, причём во II опытной группе оно было наиболее максимальное. Уровень Na отличался от уровня в контрольной группе на 39,1 %, а Ca – на 47,63 %. Следует отметить, что только в этой группе, употреблявшей с кормом усреднённую в рамках эксперимента дозу АУ, наблюдается достоверное понижение Р на 17,13 %.

Примечателен тот факт, что общее снижение большинства эссенциальных и условно-эссенциальных микроэлементов во всех опытных группах не повлияло на поведение подопытной рыбы. Общее физиологическое состояние форели соответствовало норме и не отличалось от контрольной группы. Более того, в опытных группах повысилась выживаемость.

Отдельное внимание заслуживает снижение содержания потенциально токсичных и ультрамикроэлементов в мышечной ткани форели при внесении в рацион АУ. Исключение составил As в III опытной группе. Лидирующее положение по снижению во всех группах занимают Cd, поскольку АУ обладает повышенной адсорбционной способностью относительно тяжёлых металлов, в первую очередь кадмия (Lopez Alonso et al., 2004; Samadaii S and Bahrekazemi M, 2019; Wang N et al., 2020).

Наиболее заметный показатель в результатах анализа — это значительное достоверное повышение уровня Pb от 77,77 до 144,40 % во всех опытных группах относительно контроля. Как известно, свинец один из наиболее распространённых токсических элементов в природе, способный оказать влияние на здоровье и продуктивность животных (Asano K et al., 2005; Raikwar MK et al., 2008; Cai Q et al., 2009). В более ранних исследованиях с применением активированного угля в кормлении рыбы констатирован факт снижения общего пула свинца в организме. На первый взгляд эти результаты идут в разрез с полученными нами данными. Однако противоречия в этом нет. Столь специфическое явление вызвано отличием обмена свинца от обмена других токсических элементов. Обменный пул свинца в тканях организма поддерживается с использованием свинца из депо в костной ткани (Tangpong J and Satarug S, 2010). Таким образом что активированный уголь в кишечнике сорбировал и выводил из организма свинец так же, как и другие элементы, что на первом этапе сопровождалось снижением содержания свинца в мышечной ткани. Но в последующем с разворачиванием механизмов гомеостаза активизируется «вымывание» свинца из костной ткани с массивным поступлением этого элемента в кровь и мышечную ткань. Этот феномен хорошо известен в медицине. Так, в первом десятилетии этого века в практике работы ряда российских медицинских центров, специализирующихся на выявлении и коррекции элементозов, было принято лицам с повышенным пулом свинца и других токсических элементов назначать сорбенты для их выведения. Однако по мере накопления материала стало ясно, что массивное «вымывание» токсических элементов, в первую очередь свинца, сопровождалось значительным высвобождением этих веществ из депо – костной ткани (Мирошников С.А. и др., 2019), в результате концентрация последних в крови и других биосубстратах человека не редко превышала уровень до лечения, что сопровождалось интоксикацией. В литературе сходное явление описано как материнская интоксикация свинцом, способное даже привести к потере сознания кормящей женщины на фоне лактации и массивного перехода свинца из костной ткани для человека (Thompson GN et al., 1985).

Принимая вышесказанное к сведению, следует отметить, что увеличение пула свинца в мышечной ткани способно оказать негативное влияние на рост и развитие рыбы. Однако, как следует из полученных нами данных, напротив, использование активированного угля в кормлении сопровождалось повышением интенсивности роста и лучшей сохранностью подопытной рыбы. Причина этого явления кроется в тотальном снижении обменного пула всех токсических элементов в тканях рыбы, причём значительно более выраженным, чем увеличение пула свинца. Как следует из полученных нами данных, в 1 кг мышечной ткани форели контрольной группы содержалось 1,565 ммоль токсических элементов (Cd, As, Pb, Sr, Al, Ba, Tl, Bi) против 1,2026 ммоль/кг в I опытной группе, 0,5653 – во II и 0,4544 ммоль/кг – в III опытных группах. Таким образом, скормливание активированного угля привело к снижению нагрузки на метаболизм со стороны токсических элементов, что

и позволило повысить продуктивность рыбы. Аналогичные данные ранее получены в других исследованиях (Miroshnikov S et al., 2021).

Заключение.

Включение в рацион активированного угля сопровождается снижением концентрации большинства химических элементов в мышечной ткани рыб, что доказывает сорбционное воздействие активированного угля в организме радужной форели (*Oncorhynchus mykiss*). Скармливание АУ привело к повышению продуктивности рыб за счёт снижения нагрузки на метаболизм со стороны токсических элементов. Дозировка активированного угля в 2 г/кг корма является наиболее оптимальной и положительно влияет на динамику роста живой массы рыб, при этом обеспечивая допустимые отклонения в элементном профиле радужной форели.

Список источников

1. Антибиотики в объектах аквакультуры и их экологическая значимость. Обзор / Л.В. Шульгина, Е.В. Якуш, Ю.П. Шульгин, В.В. Шендерюк, Н.Н. Чукалова, Л.П. Бахолдина // Известия ТИНРО. 2015. Т. 181(2). С. 216-230. [Shulgina LV, Yakush EV, Shulgin YuP, Shenderyuk VV, Chukalova NN, Baholdina LP. Antibiotics in aquaculture and their ecological significance. A review. Izvestiya TINRO. 2015;181(2):216-230. (In Russ.)]. doi: 10.26428/1606-9919-2015-181-216-230
2. Зуева М.С. Современный опыт включения биологически активных кормовых добавок в рацион рыб (обзор) // Животноводство и кормопроизводство. 2022. Т. 105. № 4. С. 146-164. [Zueva MS. Modern experience of including biologically active feed additives in the diet of fish (review). Animal Husbandry and Fodder Production. 2022;105(4):146-164. (In Russ.)]. doi: 10.33284/2658-3135-105-4-146
3. Общее понимание кворум сенсинга бактерий и применение ингибиторов кворума в аквакультуре (обзор) / М.С. Мингазова, Е.П. Мирошникова, А.Е. Аринжанов, Ю.В. Килякова // Животноводство и кормопроизводство. 2024. Т. 107. № 1. С. 128-146. [Mingazova MS, Miroshnikova EP, Arinzhanov AE, Kilyakova YuV. General understanding of bacterial quorum sensing and use of quorum inhibitors in aquaculture (review). Animal Husbandry and Fodder Production. 2024;107(1):128-146. (In Russ.)]. doi: 10.33284/2658-3135-107-1-128
4. Феномен нагруженного метаболизма и продуктивность молочных коров / С.А. Мирошников, О.А. Завьялов, А.Н. Фролов, М.Я. Курилкина // Животноводство и кормопроизводство. 2019. Т. 102. № 2. С. 30-45. [Miroshnikov SA, Zavyalov OA, Frolov AN, Kurilkina MYa. The phenomenon of loaded metabolism and productivity of dairy cows. 2019;102(2):30-45. (In Russ.)]. doi: 10.33284/2658-3135-102-2-30
5. Abdel-Tawwab M, El-Sayed GO, Shady SH. Effect of dietary active charcoal supplementation on growth performance, biochemical and antioxidant responses, and resistance of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.) to environmental heavy metals exposure. Aquaculture. 2017;479:17-24. doi: 10.1016/j.aquaculture.2017.05.016
6. Asano K, Suzuki K, Chiba M, Sera K, Matsumoto T, Asano R, Sakai T. Correlation between 25 element contents in mane hair in riding horses and atrioventricular block. Biol Trace Elem Res. 2005;108(1-3):127-135. doi: 10.1385/BTER:108:1-3:127
7. Boonanuntanasarn S, Khaomek P, Pitaksong T, Hua Y. The effects of the supplementation of activated charcoal on the growth, health status and fillet composition-odor of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) before harvesting. Aquaculture International. 2014;22:1417-1436. doi: 10.1007/s10499-014-9756-8
8. Cai Q, Long ML, Zhu M, Zhou QZ, Zhang L, Liu J. Food chain transfer of cadmium and lead to cattle in a lead-zinc smelter in Guizhou, China. Environmental Pollution. 2009;157(11):3078-3082. doi: 10.1016/j.envpol.2009.05.048
9. Elhetawy AIG, Abdel-Rahim MM, Sallam AE, Shahin SA, Lotfy AMA, El Basuni MF. Dietary wood and activated charcoal improved ammonium removal, heavy metals detoxification, growth

performance, blood biochemistry, carcass traits, and histopathology of european seabass. Aquac Nutr. 2023;2023:8860652. doi: 10.1155/2023/8860652

10. El-Kady AA, Magouz FI, Mahmoud SA, Abdel-Rahim MM. The effects of some commercial probiotics as water additive on water quality, fish performance, blood biochemical parameters, expression of growth and immune-related genes, and histology of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Aquaculture. 2022;546(4):737249. doi: 10.1016/j.aquaculture.2021.737249

11. López Alonso M, Prieto Montaña F, Miranda M, Castillo C, Hernández J, Luis Benedito J. Interactions between toxic (As, Cd, Hg and Pb) and nutritional essential (Ca, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Se, Zn) elements in the tissues of cattle from NW Spain. Biometals. 2004;17(4):389-397. doi: 10.1023/b:biom.0000029434.89679.a2

12. Mabe LT, Su S, Tang D, Zhu W, Wang S, Dong Z. The effect of dietary bamboo charcoal supplementation on growth and serum biochemical parameters of juvenile common carp (*Cyprinus carpio* L.). Aquaculture Research. 2018;49(3):1142-1152. doi: 10.1111/are.13564

13. Mekbungwan A, Yamauchi K, Sakaida T. Intestinal villus histological alterations in piglets fed dietary charcoal powder including wood vinegar compound liquid. Anat Histol Embryol. 2004;33(1):11-16. doi: 10.1111/j.1439-0264.2004.00501.x

14. Miroshnikov S, Notova S, Kazakova T, Marshinskaia O. The total accumulation of heavy metals in body in connection with the dairy productivity of cows. Environ Sci Pollut Res Int. 2021;28(36):49852-49863. doi: 10.1007/s11356-021-14198-6

15. Outa JO, Kowenje ChO, Avenant-Oldewage A, Jirsa F. Trace elements in crustaceans, mollusks and fish in the kenyan part of lake victoria: bioaccumulation, bioindication and health risk analysis. Arch Environ Contam Toxicol. 2020;78(4):589-603. doi: 10.1007/s00244-020-00715-0

16. Pirarat N, Boonananthanasarn S, Krongpong L, Katagiri T, Maita M. Effect of activated charcoal-supplemented diet on growth performance and intestinal morphology of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). The Thai Journal of Veterinary Medicine. 2015;45(1):113-119. doi: 10.56808/2985-1130.2615

17. Raikwar MK, Kumar P, Singh M, Singh A. Toxic effect of heavy metals in livestock health. Vet World. 2008;1(1):28-30. doi: 10.5455/vetworld.2008.28-30

18. Samadaii S and Bahrekazemi M. The effect of diets containing different levels of active charcoal on growth performance, body composition, haematological parameters and possibility of heavy metals detoxification in big sturgeon (*Huso huso*). Aquaculture Research. 2019; 51(1):91-101. doi: 10.1111/are.14350

19. Tangpong J, Satarug S. Alleviation of lead poisoning in the brain with aqueous leaf extract of the Thunbergia laurifolia (Linn.). Toxicol Lett. 2010; 198(1):83-88. doi: 10.1016/j.toxlet.2010.04.031

20. Thompson GN, Robertson EF, Fitzgerald S. Lead mobilization during pregnancy. Med J Aust. 1985;143(3):131. doi: 10.5694/j.1326-5377.1985.tb122859.x

21. Wang N, Jiang M, Zhang P, et al. Amelioration of Cd-induced bioaccumulation, oxidative stress and intestinal microbiota by *Bacillus cereus* in *Carassius auratus gibelio*. Chemosphere. 2020;245:125613. doi: 10.1016/j.chemosphere.2019.125613

References

1. Shulgina LV, Yakush EV, Shulgin YuP, Shenderyuk VV, Chukalova NN, Baholdina LP. Antibiotics in aquaculture and their ecological significance. A review. Izvestiya TINRO. 2015;181(2):216-230. doi: 10.26428/1606-9919-2015-181-216-230

2. Zueva MS. Modern experience of including biologically active feed additives in the diet of fish (review). Animal Husbandry and Fodder Production. 2022;105(4):146-164. doi: 10.33284/2658-3135-105-4-146

3. Mingazova MS, Miroshnikova EP, Arinzhanov AE, Kilyakova YuV. General understanding of bacterial quorum sensing and use of quorum inhibitors in aquaculture (review). *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2024;107(1):128-146. doi: 10.33284/2658-3135-107-1-128
4. Miroshnikov SA, Zavyalov OA, Frolov AN, Kurilkina MYa. The phenomenon of loaded metabolism and productivity of dairy cows. 2019;102(2):30-45. doi: 10.33284/2658-3135-102-2-30
5. Tawwab M, El-Sayed GO, Shady SH. Effect of dietary active charcoal supplementation on growth performance, biochemical and antioxidant responses, and resistance of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.) to environmental heavy metals exposure. *Aquaculture*. 2017;479:17-24. doi: 10.1016/j.aquaculture.2017.05.016
6. Asano K, Suzuki K, Chiba M, Sera K, Matsumoto T, Asano R, Sakai T. Correlation between 25 element contents in mane hair in riding horses and atrioventricular block. *Biol Trace Elem Res*. 2005;108(1-3):127-135. doi: 10.1385/BTER:108:1-3:127
7. Boonanuntanasarn S, Khaomek P, Pitaksong T, Hua Y. The effects of the supplementation of activated charcoal on the growth, health status and fillet composition-odor of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) before harvesting. *Aquaculture International*. 2014;22:1417-1436. doi: 10.1007/s10499-014-9756-8
8. Cai Q, Long ML, Zhu M, Zhou QZ, Zhang L, Liu J. Food chain transfer of cadmium and lead to cattle in a lead-zinc smelter in Guizhou, China. *Environmental Pollution*. 2009;157(11):3078-3082. doi: 10.1016/j.envpol.2009.05.048
9. Elhetawy AIG, Abdel-Rahim MM, Sallam AE, Shahin SA, Lotfy AMA, El Basuini MF. Dietary wood and activated charcoal improved ammonium removal, heavy metals detoxification, growth performance, blood biochemistry, carcass traits, and histopathology of european seabass. *Aquac Nutr*. 2023;2023:8860652. doi: 10.1155/2023/8860652
10. El-Kady AA, Magouz FI, Mahmoud SA, Abdel-Rahim MM. The effects of some commercial probiotics as water additive on water quality, fish performance, blood biochemical parameters, expression of growth and immune-related genes, and histology of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*. 2022;546(4):737249. doi: 10.1016/j.aquaculture.2021.737249
11. López Alonso M, Prieto Montaña F, Miranda M, Castillo C, Hernández J, Luis Benedito J. Interactions between toxic (As, Cd, Hg and Pb) and nutritional essential (Ca, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Se, Zn) elements in the tissues of cattle from NW Spain. *Biometals*. 2004;17(4):389-397. doi: 10.1023/b:biom.0000029434.89679.a2
12. Mabe LT, Su S, Tang D, Zhu W, Wang S, Dong Z. The effect of dietary bamboo charcoal supplementation on growth and serum biochemical parameters of juvenile common carp (*Cyprinus carpio* L.). *Aquaculture Research*. 2018;49(3):1142-1152. doi: 10.1111/are.13564
13. Mekbungwan A, Yamauchi K, Sakaida T. Intestinal villus histological alterations in piglets fed dietary charcoal powder including wood vinegar compound liquid. *Anat Histol Embryol*. 2004;33(1):11-16. doi: 10.1111/j.1439-0264.2004.00501.x
14. Miroshnikov S, Notova S, Kazakova T, Marshinskaia O. The total accumulation of heavy metals in body in connection with the dairy productivity of cows. *Environ Sci Pollut Res Int*. 2021;28(36):49852-49863. doi: 10.1007/s11356-021-14198-6
15. Outa JO, Kowenje ChO, Avenant-Oldewage A, Jirsa F. Trace elements in crustaceans, mollusks and fish in the kenyan part of lake victoria: bioaccumulation, bioindication and health risk analysis. *Arch Environ Contam Toxicol*. 2020;78(4):589-603. doi: 10.1007/s00244-020-00715-0
16. Pirarat N, Boonananthanasarn S, Krongpong L, Katagiri T, Maita M. Effect of activated charcoal-supplemented diet on growth performance and intestinal morphology of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *The Thai Journal of Veterinary Medicine*. 2015;45(1):113-119. doi: 10.56808/2985-1130.2615
17. Raikwar MK, Kumar P, Singh M, Singh A. Toxic effect of heavy metals in livestock health. *Vet World*. 2008;1(1):28-30. doi: 10.5455/vetworld.2008.28-30

18. Samadai S and Bahrekazemi M. The effect of diets containing different levels of active charcoal on growth performance, body composition, haematological parameters and possibility of heavy metals detoxification in big sturgeon (*Huso huso*). *Aquaculture Research*. 2019;51(1):91-101. doi: 10.1111/are.14350
19. Tangpong J, Satarug S. Alleviation of lead poisoning in the brain with aqueous leaf extract of the *Thunbergia laurifolia* (Linn.). *Toxicol Lett*. 2010; 198(1):83-88. doi: 10.1016/j.toxlet.2010.04.031
20. Thompson GN, Robertson EF, Fitzgerald S. Lead mobilization during pregnancy. *Med J Aust*. 1985;143(3):131. doi: 10.5694/j.1326-5377.1985.tb122859.x
21. Wang N, Jiang M, Zhang P, et al. Amelioration of Cd-induced bioaccumulation, oxidative stress and intestinal microbiota by *Bacillus cereus* in *Carassius auratus gibelio*. *Chemosphere*. 2020;245:125613. doi: 10.1016/j.chemosphere.2019.125613

Информация об авторах:

Олег Владимирович Иньшин, аспирант 2 года обучения, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29, тел.: 8-987-793-88-70.

Елена Петровна Мирошникова, доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой «Биотехнология животного сырья и аквакультуры», Оренбургский государственный университет, 460018, г. Оренбург, пр. Победы 13, тел.: 8-987-862-98-86.

Азамат Ерсанович Аринжанов, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, кафедра «Биотехнология животного сырья и аквакультуры», Оренбургский государственный университет, 460018, г. Оренбург, пр. Победы 13, тел.: 8-922-806-33-43.

Сергей Александрович Мирошников, доктор биологических наук, профессор, член-корреспондент РАН, главный научный сотрудник отдела кормления сельскохозяйственных животных и технологии кормов им. С.Г. Леушина, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, д. 29, тел.: 8(3532)30-81-70; ректор, Оренбургский государственный университет, 460018, г. Оренбург, пр. Победы, д. 13, тел.: 8(3532)77-67-70.

Information about the authors:

Oleg V Inshin, Postgraduate student of 2 year of study, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29 9 Yanvarya St., Orenburg, 460000, tel.: 8-987-793-88-70.

Elena P Miroshnikova, Dr. Sci. (Biology), Professor, Head of the Department of Biotechnology of Animal Raw Materials and Aquaculture, Orenburg State University, 13 Pobedy Ave, Orenburg, 460018, tel.: 8-987-862-98-86.

Azamat E Arinzhanov, Cand. Sci. (Agriculture), Associate Professor, Department of Biotechnology of Animal Raw Materials and Aquaculture, Orenburg State University, 13 Pobedy Ave, Orenburg, 460018, tel.: 8-922-806-33-43.

Sergey A Miroshnikov, Dr. Sci. (Biology), Professor, RAS Corresponding Member, Chief Researcher of the Department of Feeding for Farm Animals and Feed Technology named after Leushin SG, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29 9 Yanvarya St., Orenburg, 460000, tel.: 8(3532)30-81-70; Rector, Orenburg State University, 13 Pobedy Ave, Orenburg, 460018, tel.: 8(3532)77-67-70.

Статья поступила в редакцию 26.03.2024; одобрена после рецензирования 25.04.2024; принята к публикации 10.06.2024.

The article was submitted 26.03.2024; approved after reviewing 25.04.2024; accepted for publication 10.06.2024.

Животноводство и кормопроизводство. 2024. Т. 107, № 2. С. 38-48.
Animal Husbandry and Fodder Production. 2024. Vol. 107, no 2. P. 38-48.

РАЗВЕДЕНИЕ, СЕЛЕКЦИЯ, ГЕНЕТИКА

Научная статья
УДК 636.06(571.12)
doi:10.33284/2658-3135-107-2-38

**Экстерьерные особенности крупного рогатого скота абердин-ангусской породы
в условиях Северного Зауралья**

Ольга Михайловна Шевелёва¹, Алексей Александрович Бахарев², Ирина Ярославна Терещенко³

^{1,2,3}Государственный аграрный университет Северного Зауралья, Тюмень, Россия

¹olgasheveleva@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1940-3964>

²salers@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0604-4157>

³silme_08@mail.ru

Аннотация. Совершенствование пород мясного скота предполагает использование современных инструментов в селекции животных. Цель исследования заключалась в изучении экстерьерных особенностей коров абердин-ангусской породы с использованием методики линейной оценки. Изучены экстерьерные особенности крупного рогатого скота абердин-ангусской породы в условиях Северного Зауралья. Оценка экстерьера произведена по разработанной авторами методике линейной оценки экстерьера скота мясного направления продуктивности, также проведено измерение коров. Полученные результаты сравнивали с параметрами, рекомендованными для абердин-ангусской породы. Животные подконтрольного стада имеют гармоничное телосложение и хорошие мясные формы. Оценки за признаки экстерьера находятся на уровне оптимальных значений. Средняя оценка экстерьера коров по системе «Б» соответствует типу «хороший». Проведённые исследования не позволили выявить достоверное влияние экстерьерной оценки коров на их продуктивные качества и весовой рост. Линейная оценка позволяет проводить ранжирование животных по экстерьерным признакам. Требуется дополнительная апробация разработанной методики на большем поголовье скота.

Ключевые слова: крупный рогатый скот, коровы, абердин-ангусская порода, экстерьер, промеры, линейная оценка экстерьера, продуктивность

Для цитирования: Шевелёва О.М., Бахарев А.А., Терещенко И.Я. Экстерьерные особенности крупного рогатого скота абердин-ангусской породы в условиях Северного Зауралья // Животноводство и кормопроизводство. 2024. Т. 107, № 2. С. 38-48. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-107-2-38>

BREEDING, SELECTION, GENETICS

Original article

Exterior features of the Angus cattle in the conditions of the Northern Trans-Urals

Olga M Sheveleva¹, Alexey A Bakharev², Irina Ya Tereshchenko³

^{1,2,3}State Agrarian University of the Northern Trans-Urals, Tyumen, Russia

¹olgasheveleva@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1940-3964>

²salers@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0604-4157>

³silme_08@mail.ru

Abstract. The improvement of beef cattle breeds involves the use of modern tools in livestock breeding. The purpose of the study was to study the exterior characteristics of the Angus cows using the linear assessment technique. The exterior features of the Angus cattle in the conditions of the Northern

Trans-Urals have been studied. The assessment of the exterior was carried out according to the method of linear assessment of the exterior of livestock in the meat production area developed by the authors, and cows were also measured. The results obtained were compared with the parameters recommended for the Angus breed. Animals of the controlled herd have a harmonious physique and good meat forms. The estimates for the exterior features are at the level of optimal values. The average rating of the exterior of cows according to the "B" system corresponds to the "good" type. The conducted studies did not allow us to identify a reliable influence of the exterior assessment of cows on their productive qualities and weight growth. Linear assessment makes it possible to rank animals according to exterior characteristics. Additional testing of the developed methodology on a larger number of livestock is required.

Keywords: cattle, cows, Angus breed, exterior, measurements, linear assessment of exterior, productivity

For citation: Sheveleva OM, Bakharev AA, Tereshchenko IYa. Exterior features of the Angus cattle in the conditions of the Northern Trans-Urals. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2024;107(2):38-48. (In Russ.). <https://doi.org/10.33284/2658-3135-107-2-38>

Введение.

Мясное скотоводство страны, динамично развивающаяся отрасль, которая требует новых подходов при совершенствовании и сохранении породного состава (Дунин И.М. и др., 2020; Солошенко В.А. и др., 2020). При отборе животных для племенных целей большое значение имеет оценка их экстерьера (Недашковский И.С. и др., 2023а). В мясном скотоводстве при отборе коров важно выбрать животных с такими экстерьерными признаками, которые свидетельствуют о плодovitости животного, но при этом передают будущему потомству хорошие мясные качества (Джуламанов К.М. и др., 2021). Одним из инструментов такой оценки коров служит методика линейной оценки экстерьера, которая достаточно давно применяется во многих зарубежных странах (Габидулин В.М. и Алимова С.А., 2023). В нашей стране методика линейной оценки экстерьера разработана для скота молочных пород (Батанов С.Д. и др. 2020; Недашковский И.С. и др., 2023б). В мясном скотоводстве она применяется фрагментарно, нет единой утверждённой методики линейной оценки скота. Поэтому коллективом авторов разработана методика линейной оценки скота мясного направления продуктивности, апробация, которой произведена на герефордской и французских мясных породах скота (Шевелёва О.М. и Бахарев А.А., 2022).

Шичкин Г.И. с коллегами (2022) разработали правила оценки типа телосложения скота абердин-ангусской породы. При оценке коров они предлагают использовать 13 показателей экстерьера, которые потом с помощью поправочных коэффициентов пересчитываются в 5-балльную шкалу. По нашему мнению, данная методика не позволяет проводить в дальнейшем ранжирование стада на основании линейной оценки экстерьера. Поэтому для эффективного ведения селекции крупного рогатого скота мясного направления продуктивности необходимо иметь методику линейной оценки экстерьера животных, апробации которой и посвящена данная статья.

Цель исследования.

Изучить экстерьерные особенности коров абердин-ангусской породы с использованием методики линейной оценки.

Материалы и методы исследования.

Объект исследования. Чистопородные коровы абердин-ангусской породы.

Обслуживание животных и экспериментальные исследования были выполнены в соответствии с инструкциями и рекомендациями нормативных актов: Модельный закон Межпарламентской Ассамблеи государств-участников Содружества Независимых Государств "Об обращении с животными", ст. 20 (постановление МА государств-участников СНГ № 29-17 от 31.10.2007 г.). При проведении исследований были предприняты меры для обеспечения минимума страданий животных и уменьшения количества исследуемых опытных образцов.

Схема эксперимента. Линейная оценка проводилась в октябре 2023 года по разработанным нами методическими рекомендациями в племенном репродукторе ООО «Согласие» Тюменской области. Для оценки были отобраны коровы, у которых после отёла прошло 3-4 месяца, возраст коров составлял 5-6 лет. Была проведена оценка 88 коров.

Осмотр коров проводили на площадке с твёрдым покрытием в индивидуальном станке. Оценка признаков экстерьера проводилась линейно по 18 признакам экстерьера, результаты варьируют от 1 до 9 балла. Животных осматривали в станке, затем в состоянии движения. Каждый из признаков, включённых в линейную систему оценки, имел самостоятельное значение и оценивался изолированно от других по линейной шкале от 1 до 9 баллов (средний балл – 5). Числа 1 и 9 баллов означают экстремальные отклонения признака.

Одновременно с оценкой по системе А коровы оценивались по 100-балльной шкале: мясной тип, ноги, вымя, общий вид. Коровы сравнивались по выше названным признакам с модельным животным. Установление баллов 90 и более осуществляется комиссией оценщиков.

На основании полученных данных рассчитывается общий балл за экстерьер по следующей формуле:

$$ОЦ=МТ*0,3+Н*0,25+В*0,25+ОВ*0,2 ,$$

где: ОЦ – общая оценка,

МТ – мясной тип,

Н – ноги,

В – вымя,

ОВ – общий вид.

После проведения линейной оценки экстерьера коров проводится комплексная оценка их экстерьера – классификация типа телосложения. Определение окончательного классификационного балла за тип телосложения проводится по тем же признакам экстерьера, которые учитывались при проведении линейной оценки. С этой целью разработана специальная универсальная шкала определения конечного классификационного балла за тип телосложения в зависимости от балльных оценок общих признаков экстерьера. На основании общего количества баллов устанавливаем комплексный класс за тип телосложения и категорию. Окончательное количество баллов показывает, в какой мере животное приближается к требованиям желательного модельного животного. Предложенная классификация соответствует требованиям Международной системы классификации типа телосложения коров.

При проведении оценки было произведено измерение животных по общепринятым методикам. Полученные промеры сравнивались с промерами, рекомендованными «Методикой проведения испытаний на отличимость, однородность и стабильность. Крупный рогатый скот» (1996).

Живая масса определялась с помощью мерной ленты для определения живой массы коров. Живая масса в возрасте 6, 8, и 12 месяцев определялась по документам зоотехнического учёта. Продолжительность сервис-периода, межотёльного периода и стельности определялась по документам зоотехнического учёта за промежуток времени между первым и вторым отёлами.

Оборудование и технические средства. Мерная лента, мерная палка Лидтина, циркуль Вилькенса, кутиметр.

Статистическая обработка. Полученные данные были обработаны биометрически по методике Плохинского Н.А. (1970) методом вариационной статистики с помощью офисного программного комплекса «Microsoft Office» («Microsoft», США) с применением программы «Excel» («Microsoft», США).

Результаты исследования.

Изучение особенностей экстерьера коров абердин-ангусской породы на основании проведённых измерений свидетельствует, что коровы имели гармоничное телосложение и хорошие мясные формы. Животные подконтрольного стада соответствуют рекомендованным параметрам для абердин-ангусской породы (ООС). Высота в крестце у коров больше на 9 см (7,3 %), ширина груди за лопатками – на 2,6 (6,0 %), ширина в маклоках – на 1,4 см (2,8 %), обхват груди – на 5,2 см (2,8 %). Промеры коров представлены в таблице 1.

Таблица 1. Промеры коров абердин-ангусской породы скота (n=88), см
 Table 1. Measurements of the Angus cows (n=88), centimeters

Промеры / Measurements	X± Sx	Cv, %	Lim
Высота в холке / Height at the withers	126,3±0,54	4,01	119-146
Высота в крестце / Height in the sacrum	132,1±0,45	3,25	122-142
Глубина груди / Chest width	65,0±0,71	10,0	32-79
Ширина груди / Chest depth	45,6±0,70	14,4	34-65
Ширина в маклоках / Width in hips	51,4±0,56	10,3	40-68
Ширина в тазобедренных сочленениях / Width at the hip joints	46,3±0,53	10,9	34-66
Ширина в седалищных буграх / Width at pin bones	32,0±0,60	17,6	25-65
Косая длина туловища / Oblique body length	163,8±1,47	8,3	123-187
Косая длина зада / Oblique loin length	26,8±0,33	11,6	20-37
Обхват груди / Chest girth	190,2±1,03	5,1	172-216
Полуобхват зада / Loin half - girth	114,6±0,40	6,6	48-68
Толщина кожи на последнем ребре / Skin thickness on the last rib	2,4±0,02	15,9	1-2
Живая масса (лента) / Live weight (tape)	557,7±9,18	16,5	390-779

Ряд промеров туловища немного не достигает рекомендованных параметров, это: ширина в тазобедренных сочленениях – на 0,8 см (24,5 %), полуобхват зада – на 1,4 см (1,22 %). Лимиты значений признаков показывают, что в стаде есть животные, которые не достигают минимальных границ значения того или иного промера туловища. Таким образом, в дальнейшем необходимо вести селекцию, браковать животных, не достигающих установленных параметров признака, а также вести подбор быков, параметры экстерьерных признаков которых превышают минимальные требования. Коэффициент вариации показывает, что большинство промеров экстерьера варьируют на уровне 3-6 %. Отдельные промеры туловища обладают более широким размахом колебаний величины признака. Так, ширина груди за лопатками варьирует в пределах 14,4 %, ширина в седалищных буграх – 17,6, косая длина зада – 11,6, толщина кожи – 2,4 %.

Мы апробировали линейную систему оценки экстерьера коров на животных абердин-ангусской породы. Данные представлены в таблице 2.

Результаты линейной системы оценки экстерьера коров свидетельствуют о том, что признаки линейной системы экстерьера «А», находятся в диапазоне наиболее оптимальных оценок. Что свидетельствует о том, что подконтрольное стадо представлено типичными животными абердин-ангусской породы. Лимиты величины признака подтверждают, что в стаде нет животных с крайними вариантами признаков. Общая экстерьерная оценка соответствует типу «хороший», что характерно для стандартных животных, не имеющих существенного отклонения экстерьерных показателей от модельных животных.

Многие исследователи отмечают взаимосвязь экстерьера животных с продуктивностью животных.

Взаимосвязь признаков линейной оценки экстерьера представлена в таблице 3. Взаимосвязь признаков оценки экстерьера коров по 100-балльной шкале (система «Б») демонстрирует, что между признаками оценки экстерьера и показателями продуктивности существует взаимосвязь. Так как выборка коров – небольшая, полученные данные между группами не достоверны. Но всё-таки надо отметить как тенденцию увеличение живой массы тёлочек в разном возрасте с увеличением балла за оценку экстерьера коров. Существенного влияния оценки экстерьера на показатели воспроизводительной способности нами не обнаружено.

Таблица 2. Линейная оценка экстерьера коров (n=88), балл
Table 2. Linear assessment of the exterior of cows (n=88), point

Признаки линейной оценки / <i>Linear measurements</i>	$\bar{X} \pm S_x$	Cv, %	Lim
Система А / System A			
Рост / <i>Height</i>	6,0±0,09	13,5	5-8
Глубина груди / <i>Chest depth</i>	5,4±0,11	19,8	3-7
Длина крестца / <i>Sacrum Length</i>	5,5±0,10	17,2	3-7
Крепость телосложения / <i>Physical strength</i>	5,0±0,09	17,2	3-7
Постановка передних конечностей / <i>Set of front legs</i>	5,0±0,09	16,4	3-7
Ширина спины / <i>Back width</i>	4,9±0,10	18,6	3-7
Длина спины / <i>Back Length</i>	5,4±0,09	16,7	4-7
Положение таза / <i>Pelvic position</i>	5,3±0,09	16,0	4-7
Упитанность / <i>Fatness</i>	5,2±0,11	19,2	4-7
Внутренняя сторона бедра / <i>Inner thigh</i>	5,2±0,10	18,6	4-7
Округлость бедра / <i>Hip roundness</i>	5,0±0,09	17,4	4-7
Положение спины / <i>Back position</i>	4,9±0,08	16,6	4-7
Постановка задних ног (вид сзади) / <i>Setting of the hind legs (rear view)</i>	5,1±0,08	15,5	4-7
Постановка задних ног (сбоку) / <i>Setting the hind legs (sideways)</i>	5,0±0,09	15,6	4-7
Строение копыт / <i>The structure of the hooves</i>	4,9±0,09	17,2	3-7
Постановка копыт / <i>Setting hooves</i>	4,8±0,08	15,8	3-7
Прикрепление вымени / <i>Attachment of the udder</i>	4,8±0,08	16,9	3-7
Соски / <i>Nipples</i>	4,6±0,08	15,9	3-6
Система Б / System B			
Мясной тип / <i>Meat type</i>	76,3±0,70	8,8	56-88
Ноги / <i>Legs</i>	75,2±0,58	7,2	60-90
Вымя / <i>Udder</i>	74,2±0,65	8,3	56-86
Общий вид / <i>General view</i>	75,0±0,63	7,9	60-87
Общая оценка / <i>General assessment</i>	75,24±0,64	7,86	56-86

Таблица 3. Взаимосвязь признаков оценки экстерьера с показателями продуктивности (100-балльная система)

Table 3. The relationship of exterior assessment features with productivity indicators (100-point system)

Показатель/ <i>Indicator</i>	Линейная оценка (Система «Б»), балл / <i>Linear assessment (System «B»), point</i>			
	0-60, n=4	61-70, n=23	71-80, n=53	81-100, n=8
Живая масса в 6 мес., кг / <i>Live weight in 6 months, kg</i>	234,0±31,0	239,9±9,2	250,6±5,1	252,9±4,8
Живая масса, в 8 мес., кг / <i>Live weight, in 8 months, kg</i>	274,0±25,6	284,5±12,2	301,4±12,4	316,0±12,5
Живая масса в 12 мес., кг / <i>Live weight, in 12 months, kg</i>	388,0±15,2	363,8±5,6	379,3±14,5	392,2±11,4
Межотёльный период, дней / <i>Intercalving period, days</i>	413,2	378,4±12,4	388,2±9,8	390,4 ±7,6
Сервис-период, дней / <i>Service period, days</i>	136,0±10,2	100,4±5,2	108,5±4,9	115,8±7,8
Продолжительность стельности, дней / <i>Duration of pregnancy, days</i>	277,5±2,13	277,5±2,5	275,2±2,7	269,2±12,0

Взаимосвязь экстерьерной оценки с признаками продуктивности по системе «А» представлена в таблице 4.

Таблица 4. Взаимосвязь признака рост животных (система «А») и признаков продуктивности
 Table 4. The relationship between the animal growth trait (system “A”) and productivity traits

Показатель / Indicator	Линейная оценка (система «А»), балл / Linear assessment (System A), point	
	4-6, n=64	7-9, n=24
Живая масса в 6 мес., кг / Live weight in 6 months, kg	245,32±12,8	255,50±9,5
Живая масса в 8 мес., кг / Live weight in 8 months, kg	291,98±19,0	316,91±11,2
Живая масса в 12 мес., кг / Live weigh, in 12 months, kg	369,41±18,4	401,36±12,8
Межотёльный период, дней / Intercalving period, days	388,23±15,1	381,09±12,7
Сервис-период, дней / Service period, days	110,05±12,5	103,82±15,6
Продолжительность стельности, дней / Duration of pregnancy, days	278,18±11,6	277,27±9,4

Анализируя влияние роста животных на живую массу в разном возрасте, следует отметить, что с увеличением оценки признака «рост» наблюдается увеличение показателей живой массы, разница между группами достоверна.

Таблица 5. Взаимосвязь признака оценки упитанность животного
 с продуктивными признаками

Table 5. The relationship between animal fatness and productive traits

Показатель / Indicator	Линейная оценка (система «А»), балл / Linear assessment (System A), point	
	4-6, n=78	7-9, n=10
Живая масса в 6 мес., кг / Live weight in 6 months, kg	246,72±12,1	258,20±14,5
Живая масса, в 8 мес., кг / Live weight in 8 months, kg	295,87±14,5	320,40±16,4
Живая масса в 12 мес., кг / Live weight in 12 months, kg	375,93±16,8	395,40±13,7
Межотёльный период, дней / Intercalving period, days	388,85±11,3	379,00±16,4
Сервис-период, дней / Service period, days	108,96±16,1	104,10±12,4
Продолжительность стельности, дней / Duration of pregnancy, days	279,89±12,3	275,00±10,9

Обсуждение полученных результатов.

Совершенствование пород скота, разводимых в нашей стране, требует новых подходов при отборе животных на племенные цели (Боголюбова Л.П. и др., 2021). Очень важно сохранить имеющиеся на территории страны породы мясного скота (Амерханов Х.А. и др., 2023). В Северном Зауралье разводится несколько пород мясного скота, в числе которых и абердин-ангусская (Шевелёва О.М. и др., 2021; Шевелёва О.М. и Криницина Т.П., 2020). Хорошее телосложение у скота мясного направления продуктивности обеспечивает длительный срок хозяйственного использования животных, получение здорового потомства (Насамбаев Е.Г. и др., 2020). Выраженность женских признаков – один из основных критериев при отборе и коров и тёлочек (Кустова С.Б., 2020). Поэтому важно иметь удобный и доступный инструмент при оценке экстерьера, которым является линейная система оценки. Коллективом авторов (Шичкин Г.И. и др., 2023) разработана методика линейной оценки типа телосложения скота абердин-ангусской породы. Баранова И.А. с коллегами (2022) предлагают использовать мобильные системы с программным обеспечением для определения телосложения животных. Разработанная нами методика при её апробации на некоторых поро-

дах мясного скота, разводимых в Северном Зауралье, вполне приемлема для оценки животных. Она позволяет получить средние данные по стаду и на основании этого планировать групповой подбор. Кроме того, можно ранжировать стадо по отдельным признакам экстерьера. Признаки линейной оценки можно использовать при расчёте селекционных индексов коров и быков. Требуют некоторого уточнения отдельные параметры оценки экстерьера. При оценке стада абердин-ангусского скота установлено, что животные по параметрам экстерьера соответствуют средним показателям, рекомендованным для этой породы. При линейной системе оценки установлено, что признаки линейной системы экстерьера «А» находятся в диапазоне наиболее оптимальных оценок. В стаде нет животных с крайними оценками признаков экстерьера. Нашими исследованиями не установлено достоверного влияния признаков экстерьера на продуктивные и воспроизводительные качества животных. Возможно, это связано с малочисленной выборкой, и в дальнейшем исследовании необходимо продолжить.

Заключение.

1. Результаты апробации методики линейной оценки свидетельствуют о том, что данная методика может быть важным инструментом при оценке животных и планировании селекционной работы со стадом, а также использован при расчёте селекционных индексов и при подборе быков-производителей.
2. Крупный рогатый скот абердин-ангусской породы имеет гармоничное телосложение и хорошие мясные формы. Животные подконтрольного стада соответствуют рекомендованным параметрам для абердин-ангусской породы (ООС). Более высокие показатели по сравнению с ООС выявлены у коров: высота в крестце – на 9 см (7,3 %), ширина груди за лопатками – на 2,6 (6,0 %), ширина в маклаках – на 1,4 см (2,8 %), обхват груди – на 5,2 см (2,8 %).
3. Изучение влияния признаков линейной системы оценки экстерьера на продуктивность и воспроизводительные качества коров не позволили установить достоверных связей. В дальнейшем такие исследования надо продолжить на более многочисленных выборках.

Список источников

1. Батанов С.Д., Старостина О.С., Шайдуллила М.М. Наследование и взаимосвязь экстерьерных параметров крупного рогатого скота черно-пестрой породы // Зоотехния. 2020. № 9. С. 11-15. [Batanov SD, Starostina OS, Shaidullina MM. Inheritance and relationship of exterior of black and white breed cattle. Zootechniya. 2020;9:11-15. (In Russ.)]. doi: 10.25708/ZT.2020.83.92.003
2. Габидулин В.М., Алимова С.А. Влияние типа телосложения быков-производителей абердин-ангусской породы на оценку их племенной ценности // Животноводство и кормопроизводство. 2023. Т. 106. № 1. С. 91-100. [Gabidulin VM, Alimova SA. Influence of conformation type of Angus sires on the assessment of their breeding value. Animal Husbandry and Fodder Production. 2023;106(1):91-100. (In Russ.)]. doi: 10.33284/2658-3135-106-1-91
3. Джуламанов К.М., Герасимов Н.П., Колпаков В.И. Оценка племенной ценности первотёлок абердин-ангусской породы разных генотипов с использованием бесконтактной автоматизированной системы // Животноводство и кормопроизводство. 2021. Т. 104. № 4. С. 57-66. [Dzhulamanov KM, Gerasimov NP, Kolpakov VI. The breeding value assessment of the first-calf cowbane Aberdeen-Angus breed of different genotypes using a contactless automated system. Animal Husbandry and Fodder Production. 2021;104(4):57-66. (In Russ.)]. doi: 10.33284/2658-3135-104-4-57
4. Использование мобильных систем с разным программным обеспечением при определении телосложения животных / И.А. Баранова, С.Д. Батанов, О.С. Старостина, М.М. Лекомцев, С.И. Дякин, В. Г. Семенов // Аграрная наука. 2022. № 11. С. 128-132. [Baranova IA, Batanov SD, Starostina OS, Lekomtsev MM, Dyakin SI, Semenov VG. Application of mobile systems with various software products to measuring animal exterior parameters. Agrarian Science. 2022;11:128-132. (In Russ.)]. doi: 10.32634/0869-8155-2022-364-11-128-132

5. Кустова С.Б. Взаимосвязь между экстерьерными признаками и показателями мясной продуктивности помесного скота // Генетика и разведение животных. 2020. № 3. С. 46-52. [Kustova S. The relationship between conformation traits and indicators of meat productivity of crossbred cattle. Genetics and Breeding of Animals [Genetika i razvedenie zhivotnyh]. 2020;3:46-52. (In Russ.)]. doi: 10.31043/2410-2733-2020-3-46-52
6. Методика проведения испытаний на отличимость, однородность и стабильность. Крупный рогатый скот. (*Bos primigenius* *Bojcmus*). Общие рекомендации: официальный бюллетень № 6, 1996. [Электронный ресурс]. url: <http://gov.cap.ru/home/65/aris/bd/Sbornik/SB2/122-125.html> (дата обращения: 17.04.2024). [Metodika provedeniya ispytaniy na otlichimost', odnorodnost' i stabil'nost'. Krupnyy rogayuy skot. (*Bos primigenius* *Bojcmus*). Obshhie rekomendacii: oficial'nyy bjulleten' № 6, 1996. [Elektronnyy resurs]. url: <http://gov.cap.ru/home/65/aris/bd/Sbornik/SB2/122-125.html> (data obrashheniya: 17.04.2024). (In Russ.)].
7. Недашковский И.С., Контэ А.Ф., Сермягина А.А. Влияние уровня геномного инбридинга голштинских быков-производителей на изменчивость показателей экстерьера и тип телосложения их дочерей // Достижения науки и техники АПК. 2023а. Т. 37. № 6. С.66-74. [Nedashkovsky IS, Konte AF, Sermyagin AA. Influence of the level of genomic inbreeding holstein and black-and-white sires on genetic variability and evaluation of the estimated breeding value of the body type of their daughters. Achievements of Science and Technology in Agro-Industrial Complex. 2023a;37(6):66-74. (In Russ.)]. doi: 10.53859/02352451_2023_37_6_66
8. Недашковский И.С., Контэ А.Ф., Сермягина А.А. Показатели оценки племенной ценности по линейной оценке экстерьера в зависимости от коэффициента инбридинга и уровня гомозиготности // Аграрный вестник Урала. 2023б. № 1(230). С. 55-65. [Nedashkovskiy IS, Konte AF, Sermyagin AA. Estimated breeding value on linear assessment of exterior depending on inbreeding coefficient and the level of homozygosity. Agrarian Bulletin of the Urals. 2023b;1(230):55-65. (In Russ.)]. doi: 10.32417/1997-4868-2023-230-01-55-65
9. Новые методические подходы к оценке типа телосложения скота абердин-ангусской породы / Шичкин Г.И., Сударев Н.П., Абылкасымов Д., Чергеишвили С.В. Герасимов А.А. Монжосова О.С // Зоотехния. 2023. № 1. С. 8-11. [Shichkin GI, Sudarev NP, Abylkasymov D, Chargeishvili SV, Gerasimov AA, Monzhosova OS. New methodological approaches to assessing body type of cattle of aberdeen-angus breed. Zootechniya. 2023;1:8-11. (In Russ.)]. doi: 10.25708/ZT.2022.72.15.003
10. Особенности экстерьера и продуктивные качества молодняка различных заводских линий казахской белоголовой породы / Е.Г. Насамбаев, Ю.А. Юлдашбаев, А.Б. Ахметалиева, А.Е. Нугманова, Е.А. Батыргалиев // Достижения науки и техники в АПК. 2020. Т. 34. № 8. С. 99-102. [Nasambaev EG, Yuldashbaev YuA, Akhmetalieva AB, Nugmanova AE, Batyrgaliev EA. Features of the exterior and productive qualities of young animals of various stud lines of the Kazakh white-headed cattle. Achievements of Science and Technology in Agro-Industrial Complex. 2020;34(8):99-102. (In Russ.)]. doi: 10.24411/0235-2451-2020-10817
11. Плохинский Н.А. Биометрия: учеб. пособие. 2-е изд. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1970. 367 с. [Plohinskij NA. Biometriya: ucheb. posobie. 2-e izd. Moscow: Izdatel'stvo Moskovskogo universiteta; 1970:367 p. (In Russ.)].
12. Породный состав в племенном мясном скотоводстве России / Л.П. Боголюбова, С.В. Никитина, Е.А. Матвеева, Е.Е. Тяпугин // Молочное и мясное скотоводство. 2021. № 1. С. 10-12. [Bogolyubova LP, Nikitina SV, Matveeva EA, Tyapugin EE. Breeds composition in the breeding meat cattle breeding in Russia. Journal of Dairy and Beef Cattle Breeding. 2021;1:10-12. (In Russ.)]. doi: 10.33943/MMS.2021.29.45.002
13. Правила проведения оценки типа телосложения скота абердин-ангусской породы: науч.-метод. рекомендации / Г.И. Шичкин, Н.П. Сударев, Д. Абылкасымов, С.В. Чергеишвили, А.А. Герасимов. Лесные поляны: ФГБНУ ВНИИплем, 2022. 22 с. [Shichkin GI, Sudarev NP, Abylkasy'mov D, Chargeishvili SV, Gerasimov AA. Pravila provedeniya ocenki tipa teloslozheniya

skota aberdin- anguskoj porody: nauchno-metodicheskie rekomendacii. Lesny'e polyany: FGBNU VNIIPlem; 2022;22 p. (*In Russ.*).

14. Солошенко В.А., Магер С.Н., Инербаев Б.О. Основные принципы создания эффективной отрасли мясного скотоводства на северных территориях РФ // Животноводство и кормопроизводство. 2020. Т. 103. № 3. С. 46-57. [Soloshenko VA, Mager SN, Inerbaev BO. Basic principles of creating a model of effective beef cattle breeding industry in the northern territories of the Russian Federation. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2020;103(3):46-54. (*In Russ.*)]. doi: 10.33284/2658-3135-103-3-46

15. Состояние мясного скотоводства в Российской Федерации: реалии и перспективы / И.М. Дунин и др. // Молочное и мясное скотоводство. 2020. № 2. С. 2-7. [Dunin IM et al. Condition of meat cattle breeding in the Russian Federation: realities and prospects. *Journal of Dairy and Beef Cattle Breeding*. 2020;2:2-7. (*In Russ.*)]. doi: 10.33943/MMS.2020.40.30.001

16. Сохранение генетического разнообразия крупного рогатого скота — основа успешного развития животноводства / Х.А. Амерханов, Г.С. Шеховцев, Е.М. Колдаева, И.П. Прохоров // Молочное и мясное скотоводство. 2023. № 1. С. 3-6. [Amerkhanov KhA, Shekhovtsev GS, Koldaeva EM, Prokhorov IP. Preservation of the genetic diversity of cattle is the basis for the successful development of animal husbandry. *Journal of Dairy and Beef Cattle Breeding*. 2023;1:3-6. (*In Russ.*)]. doi: 10.33943/MMS.2023.61.29.001

17. Шевелёва О.М., Бахарев А.А. Параметры линейной оценки крупного рогатого скота мясных пород // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2022. № 4(96). С. 266-270. [Sheveleva OM, Bakharev AA. Parameters of linear evaluation of beef cattle breeds. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2022;4(96):266-270. (*In Russ.*)].

18. Шевелёва О.М., Криницина Т.П. Характеристика коров герефордской породы шведской и отечественной селекции // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова. 2020. № 2(59). С. 114-120. [Sheveleva OM, Krinitsina TP. Characteristics of hereford cows of swedish and domestic selection. *Vestnik of Buryat State Academy of Agriculture named after V. Philippov*. 2020;2(59):114-120. (*In Russ.*)]. doi: 10.34655/bgsha.2020.59.2.016

19. Шевелёва О.М., Часовщикова М.А, Суханова С.Ф. Продуктивные и некоторые биологические особенности генофондной породы скота салерс в условиях Западной Сибири // *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. 2021. Т. 13. № 1. С. 156-173. [Sheveleva OM, Chasovshchikova MA, Sukhanova SF. Productive and some biological features of the salers cattle gene pool in the conditions of Western Siberia. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. 2021;13(1):156-173. (*In Russ.*)]. doi: 10.12731/2658-6649-2021-13-1-156-173

References

1. Batanov SD, Starostina OS, Shaidullina MM. Inheritance and relationship of exterior of black and white breed cattle. *Zootechniya*. 2020;9:11-15. doi: 10.25708/ZT.2020.83.92.003

2. Gabidulin VM, Alimova SA. Influence of conformation type of Angus sires on the assessment of their breeding value. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2023;106(1):91-100. doi: 10.33284/2658-3135-106-1-91

3. Dzhulamanov KM, Gerasimov NP, Kolpakov VI. The breeding value assessment of the first-calf cowbane Aberdeen-Angus breed of different genotypes using a contactless automated system. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2021;104(4):57-66. doi: 10.33284/2658-3135-104-4-57

4. Baranova IA, Batanov SD, Starostina OS, Lekomtsev MM, Dyakin SI, Semenov VG. Application of mobile systems with various software products to measuring animal exterior parameters. *Agrarian Science*. 2022;11:128-132. doi: 10.32634/0869-8155-2022-364-11-128-132

5. Kustova S. The relationship between conformation traits and indicators of meat productivity of crossbred cattle. *Genetics and Breeding of Animals*. 2020;3:46-52. doi: 10.31043/2410-2733-2020-3-46-52

6. Methodology for testing for distinctiveness, uniformity and stability. Cattle. (*Bos primigenius* Bojstus). General recommendations: official bulletin No. 6, 1996. [Internet]. Available from: <http://gov.cap.ru/home/65/aris/bd/Sbornik/SB2/122-125.html> (cited 2024 April 17).
7. Nedashkovsky IS, Konte AF, Sermyagin AA. Influence of the level of genomic inbreeding holstein and black-and-white sires on genetic variability and evaluation of the estimated breeding value of the body type of their daughters. *Achievements of Science and Technology in Agro-Industrial Complex*. 2023a;37(6):66-74. doi: 10.53859/02352451_2023_37_6_66
8. Nedashkovskiy IS, Konte AF, Sermyagin AA. Estimated breeding value on linear assessment of exterior depending on inbreeding coefficient and the level of homozygosity. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2023b;1(230):55-65. doi: 10.32417/1997-4868-2023-230-01-55-65
9. Shichkin GI, Sudarev NP, Abylkasymov D, Chargeishvili SV, Gerasimov AA, Monzhosova OS. New methodological approaches to assessing body type of cattle of aberdeen-angus breed. *Zootekhnika*. 2023;1:8-11. doi: 10.25708/ZT.2022.72.15.003
10. Nasambaev EG, Yuldashbaev YuA, Akhmetalieva AB, Nugmanova AE, Batyrgaliev EA. Features of the exterior and productive qualities of young animals of various stud lines of the Kazakh white-headed cattle. *Achievements of Science and Technology in Agro-Industrial Complex*. 2020;34(8):99-102. doi: 10.24411/0235-2451-2020-10817
11. Plokhinsky NA. Biometrics: textbook. allowance. 2nd ed. M.: Publishing house Mosk. Univ., 1970;367 p.
12. Bogolyubova LP, Nikitina SV, Matveeva EA, Tyapugin EE. Breeds composition in the breeding meat cattle breeding in Russia. *Journal of Dairy and Beef Cattle Breeding*. 2021;1:10-12. doi: 10.33943/MMS.2021.29.45.002
13. Shichkin GI, Sudarev NP, Abylkasymov D, Chargeishvili SV, Gerasimov AA. Rules for assessing the body type of Aberdeen-Angus cattle: scientific method. recommendations. *Forest glades: FSBSI ARRIBW*; 2022:22 p.
14. Soloshenko VA, Mager SN, Inerbaev BO. Basic principles of creating a model of effective beef cattle breeding industry in the northern territories of the Russian Federation. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2020;103(3):46-54. doi: 10.33284/2658-3135-103-3-46
15. Dunin IM, et al. Condition of meat cattle breeding in the Russian Federation: realities and prospects. *Journal of Dairy and Beef Cattle Breeding*. 2020;2:2-7. doi: 10.33943/MMS.2020.40.30.001
16. Amerkhanov KhA, Shekhovtsev GS, Koldaeva EM, Prokhorov IP. Preservation of the genetic diversity of cattle is the basis for the successful development of animal husbandry. *Journal of Dairy and Beef Cattle Breeding*. 2023;1:3-6. doi: 10.33943/MMS.2023.61.29.001
17. Sheveleva OM, Bakharev AA. Parameters of linear evaluation of beef cattle breeds. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2022;4(96):266-270.
18. Sheveleva OM, Krinitsina TP. Characteristics of hereford cows of swedish and domestic selection. *Vestnik of Buryat State Academy of Agriculture named after V. Philippov*. 2020;2(59):114-120. doi: 10.34655/bgsha.2020.59.2.016
19. Sheveleva OM, Chasovshchikova MA, Sukhanova SF. Productive and some biological features of the salers cattle gene pool in the conditions of Western Siberia. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. 2021;13(1):156-173. doi: 10.12731/2658-6649-2021-13-1-156-173

Информация об авторах:

Ольга Михайловна Шевелёва, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой технологии производства и переработки продукции животноводства, Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 625007, г. Тюмень, улица Республики, дом 7.

Алексей Александрович Бахарев, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, директор института биотехнологии и ветеринарной медицины, Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 625007, г. Тюмень, улица Республики, дом 7.

Ирина Ярославна Терещенко, аспирант кафедры технологии производства и переработки продукции животноводства, Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 625007, г. Тюмень, улица Республики, дом 7.

Information about the authors:

Olga M Sheveleva, Dr Sci. (Agriculture), Professor, Head of the Department of Technology of Production and Processing of Livestock Products State Agrarian University of the Northern Urals, 7 Republic Street, Tyumen, 625007.

Alexey A Bakharev, Dr Sci. (Agriculture), Professor, Director of the Institute of Biotechnology and Veterinary Medicine, State Agrarian University of the Northern Urals, 7 Republic Street, Tyumen, 625007.

Irina Ya Tereshchenko, Postgraduate Student of the Department of Technology of Production and Processing of Livestock Products, State Agrarian University of the Northern Urals, 7 Republic Street, Tyumen, 625007.

Статья поступила в редакцию 19.03.2023; одобрена после рецензирования 10.04.2024; принята к публикации 10.06.2024.

The article was submitted 19.03.2023; approved after reviewing 10.04.2024; accepted for publication 10.06.2024.

Животноводство и кормопроизводство. 2024. Т. 107, № 2. С. 49-60.
Animal Husbandry and Fodder Production. 2024. Vol. 107, no 2. P. 49-60.

Научная статья
УДК 636.068
doi:10.33284/2658-3135-107-2-49

Весовой и линейный рост животных герефордской породы скота разных экстерьерных типов

Бауыржан Кенесович Елемесов¹, Мария Сегеевна Явнова², Киниспай Мурзагулович Джуламанов³

^{1,2,3}Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, Оренбург, Россия

¹elemesovb@inbox.ru

²maryska_94@inbox.ru, <https://orcid.org/0009-0006-7043-7891>

³kinispai.d@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8039-7471>

Аннотация. В мясном скотоводстве постоянно существует проблема увеличения продуктивности подсосных телят. Их высокая продуктивность представляет собой надёжный критерий крепости экстерьера и приспособляемости к условиям выращивания. Целью исследований являлась оценка весового и линейного роста бычков и кастратов, полученных от коров-матерей разных типов телосложения, в подсосный период выращивания. Подопытных животных группировали в зависимости от типа экстерьера матерей. Бычки I и II групп происходили от матерей высокорослого типа телосложения, III и IV – животные-аналоги по полу от компактных коров. Бычков II и IV групп в возрасте 5 месяцев кастрировали. В одинаковых условиях содержания и кормления показатели весового и линейного роста бычков и кастратов разных типов телосложения были неодинаковыми. Преимущество по изучаемым селекционным признакам имелось в пользу животных высокорослого типа телосложения. Разница по живой массе составила 10,3-11,7 кг (4,0-4,7 %; $P \geq 0.05$), высоте в холке, крестце, косой длине туловища и обхвату груди за лопатками 0,7-4,0 см (0,6-3,5 %; $P \geq 0.05$). Преимущественную физиологическую и хозяйственную скороспелость потомков от коров компактного типа телосложения, видимо, можно объяснить большим развитием широтных промеров. Таким образом, экстерьерно-конституциональные особенности у герефордской породы закладываются уже на ранних стадиях онтогенеза. Это необходимо учитывать при организации направленного выращивания молодняка разных типов телосложения и рационального использования имеющихся ресурсов.

Ключевые слова: бычки, герефордская порода, кастраты, тип телосложения, весовой рост, экстерьер

Благодарности: работа выполнена в соответствии с планом НИР на 2023-2025 гг. ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН (FNWZ-2021-0001).

Для цитирования: Елемесов Б.К., Явнова М.С., Джуламанов К.М. Весовой и линейный рост животных герефордской породы скота разных экстерьерных типов // Животноводство и кормопроизводство. 2024. Т. 107, № 2. С. 49-60. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-107-2-49>

Original article

Weight and linear growth of Hereford cattle of different exterior types

Bauyrzhan K Elemesov¹, Maria S Yavnova², Kinispay M Dzhulamanov³

^{1,2,3}Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia

¹elemesovb@inbox.ru

²maryska_94@inbox.ru, <https://orcid.org/0009-0006-7043-7891>

³kinispai.d@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8039-7471>

Abstract. Increasing the productivity of suckling calves is an ongoing problem in beef cattle production. Their high productivity is a reliable criterion for the exterior strength and adaptability to rearing

conditions. The aim of the research was to evaluate weight and linear growth of bulls and steers obtained from dams of different body types during the suckling period of rearing. The experimental animals were grouped according to the type of maternal exterior. Bulls from I and II groups came from dams of high-growth type of exterior, III and IV - animals-analogs from compact cows. Bulls from II and IV groups were castrated at the age of 5 months. Under the same conditions of housing and feeding, weight and linear growth indices of bulls and steers of different body types were unequal. The advantage on the studied breeding traits was in favor of animals with high growth body type. The differences in live weight were 10.3-11.7 kg (4.0-4.7%; $P \geq 0.05$), withers height, hip height, oblique body length and chest girth were 0.7-4.0 cm (0.6-3.5%; $P \geq 0.05$). The predominant physiological and economic precociousness of progeny from cows of compact body type can apparently be explained by the greater development of latitudinal measurements. Thus, the external characteristics of the Hereford breed are established in the early stages of ontogenesis. This should be taken into account when organizing directional breeding of young animals of different body types and rational use of available resources.

Keywords: bulls, Hereford breed, steers, body conformation type, weight growth, exterior

Acknowledgments: the work was performed in accordance to the plan of research works for 2023-2025 FSBRI FRC BST RAS (FNWZ-2021-0001).

For citation: Elemesov BK, Yavnova MS, Dzhulamanov KM. Weight and linear growth of Hereford cattle of different exterior types. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2024;107(2):49-60. (In Russ.). <https://doi.org/10.33284/2658-3135-107-2-49>

Введение.

Увеличение производства мяса за счёт интенсификации подотрасли мясного скотоводства – одна из важных задач агропромышленного комплекса страны (Макаев Ш.А. и Герасимов Н.П., 2020). К совершенствованию пород, к вопросам взаимодействия племенного и товарного скотоводства и производственным вопросам следует относиться как к важным проблемам отрасли (Кулинцев В.В. и др., 2022).

В мясном скотоводстве телят до 6-8-месячного возраста выращивают на полном подсосе. При этом следует помнить, что продуктивность в этот технологический период является наиболее важным и специфическим этапом производства говядины (Бершицкий Ю.И. и Сайфетдинов А.Р., 2021). Для повышения продуктивности мясных стад важным направлением селекционно-племенной работы выступает улучшение селекционных качеств выращиваемого молодняка (Боголюбова Л.П. и др., 2021).

Формирование продуктивных качеств мясного скота осуществляется в процессе роста и индивидуального развития (Гумеров М.Б. и др., 2020). Известно, что весовые и линейные показатели роста животных зависят от породы, уровня кормления, условий содержания, возраста, пола и физиологического состояния (Дунин И.М. и др., 2021; Горлов И.Ф. и др., 2022).

В производстве говядины большое влияние на выход и качество мясной продукции имеют производственные группы. Если продуктивные качества бычков герефордской породы разных типов телосложения в определённой мере изучены, то влияние коров-матерей разных типов телосложения на весовой и линейный рост бычков и кастратов малоизвестно (Инербаев Б.О. и др., 2020). При этом 80-85 % приплода – бычков идут преимущественно для откормочных целей (Виль Л.Г. и Никитина М.М., 2022).

Нехватка животных, обладающих высоким генетическим потенциалом мясной продуктивности, является одним из сдерживающих факторов для эффективного развития мясного скотоводства (Цыдыпов С.С., 2022а). В связи с этим надо повысить количественный и качественный состав откормочного поголовья, для чего необходимы знания особенностей роста и развития, продуктивных функций животных в зависимости от генотипа.

Цель исследований.

Изучить весовой и линейный рост бычков и кастратов, полученных от коров-матерей разных типов телосложения, в подсосный период выращивания.

Материалы и методы исследования.

Объект исследования. Бычки (n=40) и кастраты (n=40) герефордской породы скота из ООО «Агрофирма Калининская» Челябинской области.

Обслуживание животных и экспериментальные исследования были выполнены в соответствии с инструкциями и рекомендациями нормативных актов: Модельный закон Межпарламентской Ассамблеи государств-участников Содружества Независимых Государств "Об обращении с животными", ст. 20 (постановление МА государств-участников СНГ № 29-17 от 31.10.2007 г.), Руководство по работе с лабораторными животными (http://fncbst.ru/?page_id=3553). При проведении исследований были предприняты меры для обеспечения минимума страданий животных и уменьшения количества исследуемых опытных образцов.

Схема эксперимента. В племенном заводе ООО «Агрофирма Калининская» применяется технология, основанная на свободновыгульном содержании зимой, пастбищном – летом. На январь-февраль месяцы приходился отёл матерей подопытных бычков. Телята от рождения до 7 месяцев выращивали безотъёмно, на полном подсосе под коровами, по принятой в мясном скотоводстве технологии. Перевод коров с телятами на пастбище осуществляли в мае, пастбищный сезон продолжался до середины октября.

Для проведения опыта из новорождённых телят герефордской породы были сформированы четыре группы по 20 бычков в каждой в зависимости от типа телосложения (по коровам-матерям). Молодняк I и II групп происходил от матерей высокорослого типа телосложения, III и IV – животные-аналоги по полу от компактных коров. Бычков II и IV групп в возрасте 5 месяцев кастрировали.

Для получения высокорослого и компактного молодняка использовались коровы герефордской породы компактного и высокорослого типов телосложения.

Подопытных телят после рождения в течение 7-10 дней содержали в индивидуальных клетках вместе с матерями. Далее телята переводились в групповую клетку, а допуск к матери для подсоса осуществляли 3 раза в сутки. В тёплые дни телята находились на выгульно-кормовых загонах, которые оборудованы кормушками с сеном, минеральными подкормками и поилками, с 10-дневного возраста их подкармливали зерносмесью. В летнее время коровы с телятами находились на естественных пастбищах. Доступ к воде был регулярным. В местах летних стоянок маточных гуртов для подсосных телят устраивали загоны с навесами, служащими укрытием от солнца в жаркую погоду.

Оценку весового роста животных проводили по показателям живой массы путём ежемесячного взвешивания на электронных весах до кормления. Результаты взвешивания использовали для расчёта абсолютного и среднесуточных приростов подопытных животных по следующим формулам: абсолютный прирост живой массы является показателем, характеризующим скорость роста животных и показывающим увеличение фактической массы животного за определённый отрезок времени, выраженным в килограммах. Абсолютный рост рассчитывался по формуле:

$$A = W_t - W_0, \text{ где}$$

A – абсолютный прирост, кг;

W_t – живая масса в конце периода, кг;

W_0 – живая масса в начале периода, кг.

Среднесуточный прирост живой массы рассчитывался по формуле:

$$C = \frac{W_t - W_0}{t} \times 1000, \text{ где}$$

C – среднесуточный прирост, г;

W_t – живая масса в конце периода, кг;

W_0 – живая масса в начале периода, кг;
 T – длительность интервала времени между взвешиваниями суток;
 1000 – коэффициент перевода из килограммов в граммы.

Линейный рост подопытного молодняка изучали при рождении и в 8-месячном возрасте на основании взятия промеров статей тела и вычисления индексов телосложения.

Оборудование и технические средства. Взвешивание молодняка производили на электронных платформенных весах «ВСП4-Ж» (Россия). Линейные промеры изучались с использованием мерной палки Лидтина, мерной ленты и циркуля.

Статистическая обработка. Анализ данных весового и линейного роста подопытного молодняка проводили с помощью офисного программного комплекса «Microsoft Office» («Microsoft», США) с применением «Excel» («Microsoft», США) с обработкой данных в «Statistica 10.0» («Stat Soft Inc.», США) по алгоритмам описательной статистики. Определение значимости различий между групповыми средними проводили по Критерию Стьюдента, при этом критический уровень значимости в данном исследовании принимался $P \leq 0,05$.

Результаты исследований.

Основным показателем племенной оценки молодняка, его прижизненной мясной продуктивности является живая масса. При одинаковом влиянии паратипических факторов бычки-потомки от коров разных типов телосложения различались в динамике изучаемого селекционного признака (табл. 1).

Таблица 1. Динамика живой массы потомков коров разных типов телосложения
 Table 1. Dynamics of live weight of progeny from cows of different body types

Группа / Group	Возраст / Age							
	новорождённые / Newborn		3 мес. / 3 months		7 мес. / 7 months		8 мес. / 8 months	
	$\bar{x}$, кг / $\bar{x}$, kg	C_v , %	$\bar{x}$, кг / $\bar{x}$, kg	C_v , %	$\bar{x}$, кг / $\bar{x}$, kg	C_v , %	$\bar{x}$, кг / $\bar{x}$, kg	C_v , %
I	30,20	8,67	121,55	9,49	235,80	10,33	266,55	8,89
II	30,60	8,42	124,15	9,65	245,55	8,83	262,90	7,62
III	31,25	8,58	123,20	9,64	236,30	8,71	256,30	7,28
IV	31,40	7,96	125,80	8,50	230,10	8,71	251,20	7,50

Из приведённых данных следует, что при формировании контрольных групп животных по живой массе новорождённые бычки всех групп были практически одинаковы, она колебалась у них в пределах 30,2-31,4 кг. К 3-месячному возрасту средняя живая масса 40 бычков от высокорослого типа коров-матерей равнялась 122,9 кг. В это время сверстники от компактных коров были тяжелее на 1,5 кг или на 1,3 %. Разница между группами по этому селекционному признаку была незначительна ($P \geq 0,05$).

В возрасте 8 мес. при постановке на откормочную площадку, очевидно, что продуктивность бычков и кастратов разных групп в значительной мере определяется как молочностью матерей, так и генотипом животных. Об этом, в частности, можно судить по величине абсолютного роста живой массы бычков и кастратов от коров высокорослого типа телосложения. Разница по наращиванию живой массы за период от 3 до 8 месяцев между бычками разных по экстерьеру групп составила 11,9 кг, этот же показатель между кастратами был 13,3 кг, в обоих сравнениях в пользу животных высокорослого типа телосложения. В результате к 8-месячному возрасту как бычки, так и кастраты данного генотипа выделялись и более высокой живой массой. Разница по изучаемому селекционному признаку в группе бычков составила 10,3 кг (4,0 %, $P \geq 0,05$), между

кастратами – 11,7 кг (4,7 %, $P \geq 0,05$). По живой массе отмечается некоторое превосходство бычков обоих типов телосложения, хотя и недостоверное, над кастратами.

В возрастной период до 3 месяцев ежесуточный прирост живой массы подсосного молодняка наиболее объективно отражает молочность матери (табл. 2).

Таблица 2. Изменение среднесуточного прироста потомков коров разных типов телосложения
 Table 2. Change in average daily gain of progeny from cows of different body types

Группа / Group	Возрастной период, мес. / Age period, months					
	новорождённые-3 / Newborn-3		3-8		новорождённые-8 / Newborn-8	
	$\bar{x} \pm S_x$	Cv, %	$\bar{x} \pm S_x$	Cv, %	$\bar{x} \pm S_x$	Cv, %
I	$1,01 \pm 0,024$	10,52	$0,95 \pm 0,026$	11,85	$0,97 \pm 0,024$	9,63
II	$1,04 \pm 0,026$	10,99	$0,91 \pm 0,036$	17,16	$0,96 \pm 0,021$	8,88
III	$1,02 \pm 0,026$	11,03	$0,87 \pm 0,033$	16,29	$0,93 \pm 0,019$	8,25
IV	$1,05 \pm 0,024$	10,07	$0,82 \pm 0,038$	20,37	$0,91 \pm 0,021$	9,24

Разница между максимальным и минимальным значениями изучаемого селекционного признака была 0,04 кг (3,96 %, $P \geq 0,05$, $td=1,16$). Тем не менее следует отметить, что даже при имеющихся между группами различиях среднесуточный прирост телят в этот период был довольно высоким и находился в пределах 1,01-1,05 кг.

В возрастной период от 3 до 8 месяцев у животных всех подопытных генотипов произошло уменьшение среднесуточного прироста по сравнению к периодам от рождения до 3 месяцев. Однако у потомков от коров высокорослого типа телосложения выявлена способность реализации генетического потенциала высокой продуктивности. Их преимущество по скорости роста живой массы над животными компактного типа в этот период составляло 0,08-0,09 кг ($P \geq 0,05$, $td=1,89$).

Кастрация привела к снижению продуктивных качеств, вследствие чего во втором анализированном периоде бычки превосходили кастратов по величине среднесуточного прироста живой массы на 0,04-0,05 кг (4,4-6,1 %, $td=0,89-1,00$; $P \geq 0,05$).

Вследствие неодинаковой наследственности выявились различия в продуктивности в более раннем (до 8 месяцев) постнатальном онтогенезе. Бычки и кастраты от коров-матерей высокорослого типа телосложения по изучаемому селекционному признаку имели преимущество перед сверстниками компактного типа 0,04-0,05 кг (4,0-4,9 %, $td=1,41-1,56$; $P \geq 0,05$).

Однако изменение живой массы недостаточно полно характеризует развитие телят, в связи с чем были изучены особенности экстерьера путём измерения линейных промеров по возрастным периодам (табл. 3).

Различия у новорождённого молодняка от коров-матерей компактного и высокорослого типов телосложения по основным промерам тела были незначительными. Однако уже в 8 месяцев картина по показателям экстерьера становится несколько иной. Животные высокорослого типа телосложения имели слабозаметное преимущество над сверстниками компактного типа по высоте в холке, крестце, косой длине туловища и обхвату груди за лопатками. При этом по показателям данных линейных измерений разница в пользу первых животных составил 0,7-2,5 см (0,6-2,3 %, $td=0,13-0,74$; $P \geq 0,05$). Однако по таким промерам, как ширина груди за лопатками и ширина в маклоках бычки и кастраты компактного телосложения, наоборот, имели незначительное преимущество над высокорослыми. Это, видимо, можно объяснить большей физиологической и хозяйственной скороспелостью потомков от коров компактного типа телосложения.

Промеры отражают рост организма в общем, но не показывают, в каком направлении идёт развитие животного, особенности телосложения. Оценка телосложения подопытных групп дополнялась вычислением индексов, определяя соотношение отдельных промеров туловища и пропорциональность развития частей тела (табл. 4).

Таблица 3. Изменение линейных промеров потомков коров разных типов телосложения, см ($\bar{X} \pm S_x$)
 Table 3. Change in linear measurements of progeny from cows of different body types, cm ($\bar{X} \pm S_x$)

Промер / Measurements	Группа / Group							
	новорождённые / Newborn				8 месяцев / 8 months			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV
Высота в холке / Withers height	63,50 $\pm 2,41$	64,00 $\pm 2,92$	64,40 $\pm 2,73$	65,20 $\pm 3,35$	113,50 $\pm 3,79$	111,00 $\pm 3,87$	110,30 $\pm 3,56$	110,00 $\pm 3,81$
Высота в крестце / Hip height	68,50 $\pm 2,42$	69,00 $\pm 3,41$	69,00 $\pm 2,83$	69,50 $\pm 3,95$	118,00 $\pm 3,84$	116,40 $\pm 2,20$	115,00 $\pm 3,61$	114,00 $\pm 3,83$
Косая длина туло- вища / Oblique body length	60,00 $\pm 3,33$	61,60 $\pm 3,72$	59,50 $\pm 3,21$	61,20 $\pm 3,53$	115,00 $\pm 5,64$	114,30 $\pm 5,38$	113,50 $\pm 4,63$	112,90 $\pm 5,47$
Ширина груди за лопатками / Chest width	16,10 $\pm 8,98$	15,60 $\pm 7,95$	16,30 $\pm 8,70$	16,20 $\pm 8,19$	33,50 $\pm 7,03$	32,40 $\pm 7,26$	33,90 $\pm 6,32$	32,90 $\pm 6,44$
Глубина груди / Chest depth	23,50 $\pm 7,31$	23,60 $\pm 8,62$	24,10 $\pm 8,79$	23,90 $\pm 6,73$	47,50 $\pm 8,43$	47,20 $\pm 8,33$	47,00 $\pm 8,30$	47,30 $\pm 10,32$
Обхват груди за лопатками / Chest girth	62,40 $\pm 3,10$	62,80 $\pm 3,21$	62,60 $\pm 2,92$	63,00 $\pm 2,13$	146,50 $\pm 2,22$	146,50 $\pm 2,05$	145,25 $\pm 2,51$	144,80 $\pm 2,40$
Ширина в маклоках / Hip joint width	13,60 $\pm 9,12$	13,60 $\pm 8,19$	14,10 $\pm 10,25$	13,80 $\pm 8,13$	35,30 $\pm 6,89$	33,85 $\pm 8,63$	35,40 $\pm 7,65$	34,50 $\pm 7,64$
Полуобхват зада / Backside halfgirth	41,30 $\pm 5,14$	41,60 $\pm 4,39$	41,60 $\pm 4,26$	41,90 $\pm 5,22$	90,80 $\pm 4,90$	90,50 $\pm 4,24$	91,20 $\pm 4,05$	90,30 $\pm 4,76$
Обхват пясти / Metacarpus girth	10,40 $\pm 1,52$	10,40 $\pm 1,39$	10,50 $\pm 1,41$	10,40 $\pm 1,77$	16,60 $\pm 6,43$	16,40 $\pm 6,79$	16,50 $\pm 7,04$	16,60 $\pm 6,43$

Таблица 4. Индексы телосложения молодняка, %
 Table 4. Body build indices in young cattle, %

Индекс / Index	Тип телосложения / Body conformation type							
	компактный / compact				высокорослый / high-growth			
	0 мес. / 0 months		8 мес. / 8 months		0 мес. / 0 months		8 мес. / 8 months	
	$\bar{x}$	C_v	$\bar{x}$	C_v	$\bar{x}$	C_v	$\bar{x}$	C_v
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Бычки / Bulls								
Длинноногости / Long-legged	61,32	3,99	57,45	3,87	62,27	2,98	58,22	3,70
Растянутости / Stretchiness	89,77	1,93	102,91	3,15	88,90	2,14	102,17	3,38
Грудной / Thoracic	62,53	5,52	65,88	4,70	63,11	4,60	66,39	2,89
Тазогрудной / Pelvic-thoracic	95,58	7,54	95,55	3,47	97,04	5,81	97,56	2,12
Сбитости / Density	120,06	2,41	126,37	2,65	120,71	1,80	126,57	4,20
Перерослости / Overgrowth	106,83	1,12	104,26	0,68	107,42	0,89	104,85	0,67

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Костистости / <i>Bone density</i>	14,11	1,58	14,96	5,18	15,41	2,19	14,62	3,82
Широкотелости / <i>Wide-bodied</i>	26,09	5,28	28,26	4,81	25,62	5,87	27,78	3,97
Массивности / <i>Massiveness</i>	107,74	2,16	129,95	2,35	107,27	1,35	129,17	2,00
Мясности / <i>Meatiness</i>	63,21	2,78	81,80	2,80	61,16	3,43	79,97	1,71
Комплексный / <i>Complex</i>	188,69	1,93	122,72	12,25	190,45	2,18	130,60	12,67
Кастраты / <i>Steers</i>								
Длинноногости / <i>Long-legged</i>	61,48	2,50	56,95	8,18	62,41	3,46	57,87	5,31
Растянутости / <i>Stretchiness</i>	91,10	2,99	102,75	6,16	90,58	1,96	102,11	5,00
Грудной / <i>Thoracic</i>	62,54	5,09	65,64	5,82	61,03	4,99	64,51	4,49
Тазогрудной / <i>Pelvic-thoracic</i>	96,59	7,62	95,23	3,48	94,03	5,42	95,60	2,48
Сбитости / <i>Density</i>	119,39	2,98	126,82	5,55	119,89	2,38	126,68	3,94
Перерослости / <i>Overgrowth</i>	106,39	1,28	103,64	0,54	107,35	0,99	104,92	2,85
Костистости / <i>Bone density</i>	13,99	2,76	15,12	7,21	13,83	1,84	14,65	6,50
Широкотелости / <i>Wide-bodied</i>	25,69	4,41	28,42	5,63	24,83	4,76	27,48	5,67
Массивности / <i>Massiveness</i>	108,70	2,38	130,02	4,72	108,55	1,52	129,15	3,10
Мясности / <i>Meatiness</i>	62,33	3,15	81,28	5,54	61,16	2,38	80,86	4,31
Комплексный / <i>Complex</i>	188,60	1,73	127,19	10,03	191,19	1,79	129,72	15,52

При этом заметных межгрупповых различий у новорождённых бычков по важным индексам телосложения не установлено. В 8-месячном возрасте лидерство по индексам длинноности, тазогрудной, перерослости, комплексному было на стороне бычков и кастратов высокорослого типа телосложения. В этот возрастной период наблюдалось некоторое преимущество компактных животных по индексам растянутости и широкотелости. Следует отметить, что все имеющиеся различия по индексам телосложения были несущественны и статически недостоверны. С возрастом происходило изменение индексов телосложения независимо от экстерьерного типа. Величина индексов длинноности и перерослости уменьшалась, а растянутости, грудного, сбитости, массивности, широкотелости увеличилась.

Обсуждение полученных результатов.

В разведении мясных пород скота изучение экстерьера путём взятия промеров тела и вычисления индексов телосложения способствует надёжной характеристике их продуктивности и племенных качеств (Мильчевский В.Д. и Половинко Л.М., 2019). Для внутрипородной селекции герефордов методами чистопородного разведения существенным средством является дифференци-

ация на экстерьерно-конституциональные типы (Дубовскова М.П., 2020). Результаты по живой массе, среднесуточному приросту, промерам и индексам телосложения подтверждают данные проведённых ранее исследований о более высокой скороспелости потомства животных компактного типа телосложения (Герасимов Н.П. и Джуламанов К.М., 2018; Dzhulamanov KM et al., 2019). В связи с этим возникает необходимость в разработке дифференцированных подходов по выращиванию молодняка в зависимости от экстерьерно-конституциональных особенностей (Цыдыпов С.С. и Гармаев Д.Ц., 2022б).

Увеличение мясной продуктивности и повышение адаптации животных к интенсивной технологии производства требуют совершенствования экстерьера и весовых особенностей молодняка герефордского скота (Ажмулдинов Е.А. и др., 2021; Тагиров Х.Х. и др., 2021). Большой практический интерес представляет изучение факторов, обуславливающих формирование внутривидовых типов мясного скота (Солошенко В.А. и др., 2021). Опыты по гетерогенному подбору в мясном скотоводстве свидетельствуют о том, что уровень проявления гибридного эффекта по живой массе и линейным промерам зависит от сочетаемости генотипов родительской пары, материнский наследственности и от условий кормления (Макаев Ш.А. и Герасимов Р.П., 2023). Особенно сильное влияние материнского фактора на фенотип потомства наблюдается в подсосный период, наиболее важный этап для последующей реализации генетического потенциала продуктивности (Гукежев В.М. и Хуранов А.М., 2022). Наши исследования показали, что в постэмбриональный период от 3 до 8 месяцев молодняк от коров-матерей высокорослого типа телосложения прибавлял в массе тела более интенсивно и несколько превосходил компактных сверстников по развитию высотных промеров, косой длине туловища и обхвату груди за лопатками. В свою очередь бычки и кастраты от матерей компактного фенотипа имели преимущество по формированию широтных промеров тела, которое на фоне относительной низкорослости проявлялось в округлости и плотности форм экстерьера.

Заключение.

На основе фенотипических данных коров-матерей провели группировку сыновей по экстерьерно-конституциональным типам. Потомки от высокорослых коров отличались лучшим потенциалом весового роста и формирования крупного по длине и высоте тела к концу подсосного периода выращивания. Таким образом, экстерьерно-конституциональные особенности у герефордской породы закладываются уже на ранних стадиях онтогенеза. Это необходимо учитывать при организации направленного выращивания молодняка разных типов телосложения и рационального использования имеющихся ресурсов.

Список источников

1. Бершицкий Ю.И., Сайфетдинов А.Р. Направления и эффективность инновационного развития мясного скотоводства региона (экономический аспект): монография. Краснодар: КубГАУ, 2021. 211 с. [Bershickij Yul, Sajfetdinov AR. Napravleniya i effektivnost' innovacionnogo razvitiya myasnogo skotovodstva regiona (ekonomicheskij aspekt): monografiya. Krasnodar: KubGAU, 2021:211 p. (In Russ.)].
2. Виль Л.Г., Никитина М.М. Сравнительная характеристика бычков герефордской породы Андриановского типа разных генеалогических групп по росту, развитию и мясной продуктивности // Молочное и мясное скотоводство. 2022. № 2. С. 34-38. [Wil LG, Nikitina MM. Comparative characteristics of the Andrianovsk type Hereford bulls of different genealogical groups on growth, development and meat productivity. Dairy and Beef Cattle Farming. 2022;2:34-38. (In Russ.)]. doi: 10.33943/MMS.2022.80.89.008
3. Влияние породной принадлежности на мясную продуктивность бычков и биологическую ценность получаемой от них говядины / И.Ф. Горлов и др. // Животноводство и кормопроизводство. 2022. Т. 105. № 3. С. 56-68. [Gorlov IF et al. Influence of breed on beef productivity of bulls

and biological value of beef obtained from them. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2022;105(3):56-68. (*In Russ.*). doi: 10.33284/2658-3135-105-3-56

4. Влияние транспортировки и сезона убоя на качество мяса животных (обзор) / Е.А. Ажмулдинов, А.В. Харламов, М.А. Кизаев, М.Г. Титов // *Животноводство и кормопроизводство*. 2021. Т. 104. № 2. С. 33-45. [Azhmulinov EA, Kharlamov AV, Kizaev MA, Titov MG. The impact of transportation and the slaughter season on beef quality (review). *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2021;104(2):33-45. (*In Russ.*). doi: 10.33284/2658-3135-104-2-33

5. Герасимов Н.П., Джуламанов К.М. Влияние варианта подбора родительских пар на проявление селекционных признаков у герефордских бычков // *Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.П. Филиппова*. 2018. № 4 (53). С. 37-43. [Gerasimov N, Dzhulamanov K. The impact of mating system variant on the expression of selective traits in Hereford bull-calves. *Vestnik of Buryat State Academy of Agriculture named after V. Philippov*. 2018;4(53):37-43. (*In Russ.*)].

6. Гукеев В.М., Хуранов А.М. Племенная ценность коров – методы учета и оценки // *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. 2022. Т. 52. № 4. С. 83-89. [Gukezhev VM, Khuranov AM. Breeding value of cows - methods of recording and evaluation. *Siberian Herald of Agricultural Science*. 2022;52(4):83-89. (*In Russ.*). doi: 10.26898/0370-8799-2022-4-9

7. Дубовскова М.П. Особенности селекции скота герефордской породы внутривидового типа Дмитриевский Северо-Кавказской популяции с учётом полиморфизма GH (L127V) и LEP/A80V // *Животноводство и кормопроизводство*. 2020. Т. 103. № 4. С. 85-95. [Dubovskova MP. Breeding peculiarities of Hereford cattle of the intra-breed type Dmitrievsky, North Caucasian population, taking into account polymorphism GH (L127V) and LEP/A80V. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2020;103(4):85-95. (*In Russ.*). doi: 10.33284/2658-3135-103-4-85

8. Дунин И.М., Дунин М.И., Аджибеков В.К. Породная и генетико-селекционная база отечественного животноводства // *Зоотехния*. 2021. № 1. С. 2-6. [Dunin IM, Dunin MI, Adzhibekov VK. Breed and genetic-breeding base of domestic animal husbandry. *Zootekniya*. 2021;1:2-6. (*In Russ.*)]. doi: 10.25708/ZT.2020.66.16.001

9. Инербаев Б.О., Храмова И.А., Инербаева А.Т. Влияние степени родства и генетического сходства на продуктивность герефордов Сибири // *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. 2020. Т. 50. № 3. С. 62-68. [Inerbayev BO, Khramtsova IA, Inerbayeva AT. Influence of degree of kinship and genetic similarity on productivity of Siberian Herefords. *Siberian Herald of Agricultural Science*. 2020;50(3):62-68. (*In Russ.*). doi: 10.26898/0370-8799-2020-3-6

10. Кулинцев В.В., Суров А.И., Шевхужев А.Ф. Мясное скотоводство Ставропольского края // *Молочное и мясное скотоводство*. 2022. № 2. С. 6-11. [Kulintsev VV, Surov AI, Shevkhuzhev AF. Beef cattle breeding in the Stavropol Territory. *Dairy and Beef Cattle Farming*. 2022;2:6-11. (*In Russ.*)]. doi: 10.33943/MMS.2022.14.31.001

11. Макаев Ш.А., Герасимов Н.П. Влияние генотипа быков-отцов казахской белоголовой породы по генам CAPN1, CAST и TG5 на качественные показатели мяса у потомков // *Животноводство и кормопроизводство*. 2020. Т. 103. № 3. С. 102-113. [Makaev ShA, Gerasimov NP. Influence of genotype of sires of the Kazakh white-headed breed by genes CAPN1, CAST and TG5 on meat quality parameters in offspring. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2020;103(3):102-113. (*In Russ.*)]. doi: 10.33284/2658-3135-103-3-102

12. Макаев Ш.А., Герасимов Р.П. Влияние инбредного и аутбредного подбора родительских пар на формирование материнских качеств заволжского типа казахской белоголовой породы // *Животноводство и кормопроизводство*. 2023. Т. 106. № 4. С. 30-39. [Makaev ShA, Gerasimov RP. Effect of inbred and outbred mating of parental pairs on formation of maternal traits in Zavolzhsky type of Kazakh White-Headed breed. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2023;106(4):30-39. (*In Russ.*)]. doi: 10.33284/2658-3135-106-4-30

13. Мильчевский В.Д., Половинко Л.М. Некоторые соображения о селекции по комплексу признаков в мясном скотоводстве // *Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии*. 2023. Т. 107. № 1. С. 10-15. [Miltchevskiy VD, Polovinko LM. Some considerations on selection by a complex of traits in meat cattle breeding. *Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy*. 2023;107(1):10-15. (*In Russ.*)]. doi: 10.26907/2542-2462.2023.107.1.10-15

ственной академии. 2019. № 2(46). С. 173-178. [Milchevsky VD, Polovinko LM. Some selection considerations on the complex of signs in beef breeding. Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy. 2019;2(46):173-178. (In Russ.)]. doi: 10.18286/1816-4501-2019-2-173-178

14. Оценка ремонтных бычков казахской белоголовой породы по собственной продуктивности / М.Б. Гумеров, О.В. Горелик, Д.К. Найманов, А.Т. Бисембаев // Главный зоотехник. 2020. № 3. С. 9-15. [Gumerov MB, Gorelik OV, Naimanov DK, Bisembaev AT. The evaluation of replacement bull-calves of Kazakh white-headed breed on own productivity. Glavnyi Zootekhnik. 2020;3:9-15. (In Russ.)]. doi: 10.33920/sel-03-2003-02

15. Породный состав в племенном мясном скотоводстве России / Л.П. Боголюбова, С.В. Никитина, Е.А. Матвеева, Е.Е. Тяпугин // Молочное и мясное скотоводство. 2021. № 1. С. 10-12. [Bogolyubova LP, Nikitina SV, Matveeva EA, Tyapugin EE. Breeds composition in the breeding meat cattle breeding in Russia. Dairy and Beef Cattle Farming. 2021;1:10-12. (In Russ.)]. doi: 10.33943/MMS.2021.29.45.002

16. Оценка генеалогических линий крупного рогатого скота казахской белоголовой породы / В.А. Солошенко, В.А. Плешаков, Б.О. Инербаев, А.С. Дуров, И.А. Храмцова // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2021. Т. 51. № 1. С. 82-89. [Soloshenko VA, Plesha--kov VA, Inerbaev BO, Durov AS, Khramtsova IA. Estimation of genealogical lines of cattle of the Kazakh white-headed breed. Siberian Herald of Agricultural Science. 2021;51(1):82-89. (In Russ.)]. doi: 10.26898/0370-8799-2021-1-10

17. Тагиров Х.Х., Николаева Н.Ю., Ишбердина Р.Р. Рост и мясная продуктивность молодняка герефордской породы в условиях юга Западной Сибири // Молочное и мясное скотоводство. 2021. № 2. С. 15-17. [Tagirov KhKh, Nikolaeva NYu, Ishberdina RR. Growth and meat productivity of young Hereford breed in conditions of the south of Western Siberia. Dairy and Beef Cattle Farming. 2021;2:15-17. (In Russ.)]. doi: 10.33943/MMS.2021.78.96.003

18. Цыдыпов С.С., Гармаев Д.Ц. Некоторые хозяйственные и биологические особенности молодняка казахской белоголовой породы забайкальской селекции // Животноводство и кормопроизводство. 2022. Т. 105. № 1. С. 52-61. [Tsydyrov SS, Garmaev DTs. Some economic and biological features in Kazakh white-headed young cattle of the Transbaikal selection. Animal Husbandry and Fodder Production. 2022;105(1):52-61. (In Russ.)]. doi: 10.33284/2658-3135-105-1-52

19. Цыдыпов С.С. Качественные показатели мяса молодняка мясного скота // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии имени В.П. Филиппова. 2022. № 2(67). С. 123-130. [Tsydyrov SS. Quantitative indicators of meat at young beef cattle. Vestnik of Buryat State Academy of Agriculture named after V. Philippov. 2022a;2(67):123-130. (In Russ.)]. doi: 10.34655/bgsha.2022.67.2.016

20. Dzhulamanov KM, Gerasimov NP, Ruchay AN, Kolpakov VI, Dzhulamanov EB. The assessment of morphological features in Hereford cattle. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019;341:012062. doi: 10.1088/1755-1315/341/1/012062

References

1. Bershitsky YI, Sayfetdinov AR. Directions and efficiency of innovative development of beef cattle breeding in the region (economic aspect): monograph. Krasnodar: KubSAU; 2021:211 p.
2. Wil LG, Nikitina MM. Comparative characteristics of the Andrianovsk type Hereford bulls of different genealogical groups on growth, development and meat productivity. Dairy and Beef Cattle Farming. 2022;2:34-38. doi: 10.33943/MMS.2022.80.89.008
3. Gorlov IF et al. Influence of breed on beef productivity of bulls and biological value of beef obtained from them. Animal Husbandry and Fodder Production. 2022;105(3):56-68. doi: 10.33284/2658-3135-105-3-56

4. Azhmuldinov EA, Kharlamov AV, Kizaev MA, Titov MG. The impact of transportation and the slaughter season on beef quality (review). *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2021;104(2):33-45. doi: 10.33284/2658-3135-104-2-33
5. Gerasimov N, Dzhulamanov K. The impact of mating system variant on the expression of selective traits in Hereford bull-calves. *Vestnik of Buryat State Academy of Agriculture named after V. Philippov*. 2018;4(53):37-43.
6. Gukezhev VM, Khuranov AM. Breeding value of cows - methods of recording and evaluation. *Siberian Herald of Agricultural Science*. 2022;52(4):83-89. doi: 10.26898/0370-8799-2022-4-9
7. Dubovskova MP. Breeding peculiarities of Hereford cattle of the intra-breed type Dmitrievsky, North Caucasian population, taking into account polymorphism GH (L127V) and LEP/A80V. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2020;103(4):85-95. doi: 10.33284/2658-3135-103-4-85
8. Dunin IM, Dunin MI, Adzhibekov VK. Breed and genetic-breeding base of domestic animal husbandry. *Zootechniya*. 2021;1:2-6. doi: 10.25708/ZT.2020.66.16.001
9. Inerbayev BO, Khramtsova IA, Inerbayeva AT. Influence of degree of kinship and genetic similarity on productivity of Siberian Herefords. *Siberian Herald of Agricultural Science*. 2020;50(3):62-68. doi: 10.26898/0370-8799-2020-3-6
10. Kulintsev VV, Surov AI, Shevkhuzhev AF. Beef cattle breeding in the Stavropol Territory. *Dairy and Beef Cattle Farming*. 2022;2:6-11. doi: 10.33943/MMS.2022.14.31.001
11. Makaev ShA, Gerasimov NP. Influence of genotype of sires of the Kazakh white-headed breed by genes CAPN1, CAST and TG5 on meat quality parameters in offspring. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2020;103(3):102-113. doi: 10.33284/2658-3135-103-3-102
12. Makaev ShA, Gerasimov RP. Effect of inbred and outbred mating of parental pairs on formation of maternal traits in Zavolzhsky type of Kazakh White-Headed breed. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2023;106(4):30-39. doi: 10.33284/2658-3135-106-4-30
13. Milchevsky VD, Polovinko LM. Some selection considerations on the complex of signs in beef breeding. *Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy*. 2019;2(46):173-178. doi: 10.18286/1816-4501-2019-2-173-178
14. Gumerov MB, Gorelik OV, Naimanov DK, Bisembaev AT. The evaluation of replacement bull-calves of Kazakh white-headed breed on own productivity. *Head Zootechnician*. 2020;3:9-15. doi: 10.33920/sel-03-2003-02
15. Bogolyubova LP, Nikitina SV, Matveeva EA, Tyapugin EE. Breeds composition in the breeding meat cattle breeding in Russia. *Dairy and Beef Cattle Farming*. 2021;1:10-12. doi: 10.33943/MMS.2021.29.45.002
16. Soloshenko VA, Pleshakov VA, Inerbaev BO, Durov AS, Khramtsova IA. Estimation of genealogical lines of cattle of the Kazakh white-headed breed. *Siberian Herald of Agricultural Science*. 2021;51(1):82-89. doi: 10.26898/0370-8799-2021-1-10
17. Tagirov KhKh, Nikolaeva NYu, Ishberdina RR. Growth and meat productivity of young Hereford breed in conditions of the south of Western Siberia. *Dairy and Beef Cattle Farming*. 2021;2:15-17. doi: 10.33943/MMS.2021.78.96.003
18. Tsydypov SS, Garmaev DTs. Some economic and biological features in Kazakh white-headed young cattle of the Transbaikalian selection. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2022;105(1):52-61b. doi: 10.33284/2658-3135-105-1-52
19. Tsydypov SS. Quantitative indicators of meat at young beef cattle. *Vestnik of Buryat State Academy of Agriculture named after V. Philippov*. 2022a;2(67):123-130. doi: 10.34655/bgsha.2022.67.2.016
20. Dzhulamanov KM, Gerasimov NP, Ruchay AN, Kolpakov VI, Dzhulamanov EB. The assessment of morphological features in Hereford cattle. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2019;341:012062. doi: 10.1088/1755-1315/341/1/012062

Информация об авторах:

Бауыржан Кенесович Елемесов, аспирант селекционно-генетического центра по мясным породам скота, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29.

Мария Сегеевна Явнова, аспирант селекционно-генетического центра по мясным породам скота, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29.

Киниспай Мурзагулович Джуламанов, доктор сельскохозяйственных наук, заведующий селекционно-генетического центра по мясным породам скота, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29, тел.: 8(3532)30-81-74.

Information about the authors:

Bauyrzhan K Elemesov, post graduate of the Breeding and Genetic Center for Beef Cattle, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29 9 Yanvarya st., 460000, Orenburg.

Maria S Yavnova, post graduate of the Breeding and Genetic Center for Beef Cattle, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29 9 Yanvarya st., 460000, Orenburg.

Kinispay M Dzhulamanov, Dr. Sci. (Agriculture), Head of the Breeding and Genetic Center for Beef Cattle, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29 9 Yanvarya st., 460000, Orenburg., tel.: 8(3532)30-81-74.

Статья поступила в редакцию 15.05.2024; одобрена после рецензирования 03.06.2024; принята к публикации 10.06.2024.

The article was submitted 15.05.2024; approved after reviewing 03.06.2024; accepted for publication 10.06.2024.

Животноводство и кормопроизводство. 2024. Т. 107, № 2. С. 61-70.
Animal Husbandry and Fodder Production. 2024. Vol. 107, no 2. P. 61-70.

Научная статья
УДК 636.088.31
doi:10.33284/2658-3135-107-2-61

Формирование мясной продуктивности и качества мяса у герефордских бычков разных генотипов

Александра Андреевна Сафронова¹

¹Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, Оренбург, Россия
¹safronovaalex03@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8609-8640>

Аннотация. Создание объективных методов оценки и улучшения количественных и качественных показателей мясной продуктивности сельскохозяйственных животных должно основываться на комплексном анализе генетических, физиологических и биохимических параметров организма. Целью исследования являлось изучение особенностей формирования мясной продуктивности и качества мяса у герефордских бычков разных генотипов по генам гормона роста и тиреоглобулина. Герефордские бычки (n=9) выращивались в одинаковых условиях кормления и содержания до 21-месячного возраста. Для генотипирования по полиморфизмам генов гормона роста GH L127V и тиреоглобулина TG5 C422T проводили ПЦР-ПДРФ. У подопытных животных определяли убойные показатели, химический, жирнокислотный и аминокислотный составы мяса. Значительное влияние полиморфизма GH L127V отмечалось на массу туши ($P \leq 0,05$) и аминокислотный состав мяса. Полиморфизм TG5 C422T оказывал значительное ($P \leq 0,05$) влияние на дифференциацию бычков по соотношению полиненасыщенных и насыщенных жирных кислот. Таким образом, генетическая изменчивость бычков по генам гормона роста и тиреоглобулина может быть использована для улучшения как количественных, так и качественных показателей мясной продуктивности герефордского скота при маркер-зависимой селекции.

Ключевые слова: бычки, герефордская порода, генотип, показатели убоя, химический состав, аминокислоты, жирнокислотный профиль

Благодарности: работа выполнена в соответствии с планом НИР на 2023-2025 гг. ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН (№ FNWZ-2021-0001).

Для цитирования: Сафронова А.А. Формирование мясной продуктивности и качества мяса у герефордских бычков разных генотипов // Животноводство и кормопроизводство. 2024. Т. 107, № 2. С. 61-70. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-107-2-61>

Original article

The development of meat productivity and beef quality in Hereford bulls of various genotypes

Alexandra A Safronova¹

¹Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia
¹safronovaalex03@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8609-8640>

Abstract. Establishment of objective methods for evaluation and improvement of quantitative and qualitative indicators of meat productivity of farm animals should be based on comprehensive genetic, physiological and biochemical analysis of the organism. The aim of the research was to study the peculiar-

ities of the formation of meat productivity and beef quality in Hereford bulls of various genotypes for growth hormone and thyroglobulin genes. Hereford bulls (n=9) were reared under the same feeding and housing conditions until 21 months of age. PCR-PDRF was performed for genotyping by polymorphisms of GH L127V growth hormone and TG5 C422T thyroglobulin genes. Slaughter indices, chemical, fatty acid and amino acid composition of meat were determined in experimental animals. A significant effect of GH L127V polymorphism was observed on carcass weight ($P \leq 0.05$) and amino acid composition of meat. TG5 C422T polymorphism had a significant ($P \leq 0.05$) effect on differentiation of bulls in terms of the ratio of polyunsaturated to saturated fatty acids. Thus, genetic variability of bulls on growth hormone and thyroglobulin genes can be used to improve both quantitative and qualitative indicators of meat productivity of Hereford cattle at marker-assisted selection.

Keywords: bulls, Hereford breed, genotype, slaughter traits, chemical composition, amino acids, fatty acid profile

Acknowledgments: the work was performed in accordance to the plan of research works for 2023-2025 FSBRI FRC BST RAS (No. FNWZ-2021-0001).

For citation: Safronova AA. The development of meat productivity and beef quality in Hereford bulls of various genotypes. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2024;107(2):61-70. (In Russ.). <https://doi.org/10.33284/2658-3135-107-2-61>

Введение.

В числе приоритетных задач развития сельского хозяйства совершенствование отечественного генофонда мясных пород скота занимает ведущее место для обеспечения продовольственной безопасности страны и реализации программы импортозамещения (Dzhulamanov KM et al., 2022). Создание высокоэффективной специализированной отрасли мясного скотоводства необходимо ориентировать на интенсификацию отбора носителей желательных генотипов, ассоциированных с адаптационными и продуктивными качествами, формирование на этой основе референтных популяций и их масштабирование на целые регионы с использованием современных биотехнологических методов воспроизводства (Gerasimov NP et al., 2023). В связи с этим проблема изучения генома мясного скота на основе высокополиморфных генетических маркеров хозяйственно-ценных признаков имеет высокое народнохозяйственное и государственное значение. Совершенствование породных ресурсов направлено на формирование таких популяций, которые в конкретных природно-хозяйственных условиях проявляют максимальную продуктивность при эффективном использовании имеющихся средств. Отбор и подбор ориентирован на поддержание и улучшение внутрипородной структуры интенсивным использованием выдающихся животных в системе воспроизводства стада (Джуламанов К.М. и др., 2020). Для ускорения селекционно-племенной работы в мясном скотоводстве необходима комплектация стад высокоценными животными, которые превосходят по генетическому потенциалу продуктивности предыдущее поколение. При этом оценку и отбор перспективного молодняка экономически целесообразно проводить на ранних этапах развития, что предполагает широкое внедрение прогнозирования племенной ценности животных на основе идентификации функциональных полиморфизмов в генах, ассоциируемых с формированием мясной продуктивности и качества говядины (Kök S and Varur G, 2021). Ежегодный эффект селекции от целенаправленного использования «желательных» генотипов повышается на 15-30 % относительно классических приёмов отбора (Столповский Ю.А. и др., 2020). Генотипирование как метод комплексного изучения генотипа отдельных особей прочно вошло в систему селекционно-племенной работы в мясном скотоводстве (Kostusiak P et al., 2023). В настоящее время его используют для подтверждения достоверности происхождения племенных животных, выявления носителей наследственных заболеваний, а также проведения маркерной селекции по генам, ассоциируемым с хозяйственно-полезными признаками у мясного скота. Полиморфизмы гена гормона роста (GH) связаны с изменчивостью роста, развития, количественными и качественными показателями мясной продуктивности. Нуклеотидные замены в последовательности гена тиреоглобулина ассоциированы с особенностями жирового обмена у крупного рогатого скота (Макаев Ш.А. и Герасимов Н.П., 2020; Zalewska M et al., 2021).

Цель исследования.

Изучить формирование мясной продуктивности и качества мяса у герефордских бычков разных генотипов по генам гормона роста и тиреоглобулина.

Материал и методы исследования.

Объект исследования. Бычки (n=9) герефордской породы скота из ООО «Агрофирма Калининская» Челябинской области.

Обслуживание животных и экспериментальные исследования были выполнены в соответствии с инструкциями и рекомендациями нормативных актов: Модельный закон Межпарламентской Ассамблеи государств-участников Содружества Независимых Государств "Об обращении с животными", ст. 20 (постановление МА государств-участников СНГ № 29-17 от 31.10.2007 г.), Руководство по работе с лабораторными животными (http://fnbst.ru/?page_id=3553). При проведении исследований были предприняты меры для обеспечения минимума страданий животных и уменьшения количества исследуемых опытных образцов.

Схема эксперимента. Бычков разных генотипов выращивали при одинаковых условиях кормления и содержания до 21-месячного возраста, после чего провели контрольный убой.

Для генотипирования по полиморфизмам генов GH L127V гормона роста и TG5 C422T тиреоглобулина у подопытных бычков проводили забор крови из яремной вены. Выделение ДНК проводилось с использованием реагентов «DIAtom™ DNA Prep» (IsoGeneLab, Москва, Россия). Для проведения ПЦР-ПДРФ применялись наборы «GenePakPCRCore» (IsoGeneLab, Москва, Россия) на программируемом термоциклере «Терцик» (ДНК-технология, Россия). Для амплификации участков использовались праймеры (НПФ «Литех», Россия): GH L127V – F: 5'-gct-gct-cct-gag-ggc-cct-tcg-3' и R: 5'-gcg-gcg-gca-ctt-cat-gac-cct-3'; TG5 C422T – F: 5'-ggg-gat-gac-tac-gag-tat-gac-tg-3' и R: 5'-gtg-aaa-atc-ttc-tgg-agg-ctg-ta-3'.

ПЦР-программа: 1) для гена GH: «горячий старт» – 5 мин. при +95 °C; 35 циклов: денатурация – 45 с при +94 °C, отжиг – 45 с при 65 °C, синтез – 45 с при +72 °C; достройка – 7 мин при +72 °C;

2) для гена TG5: «горячий старт» - 4 мин. при 94 °C; 35 циклов: денатурация – 60 с при 94 °C, отжиг – 60 с при 62 °C, синтез – 60 с при 72 °C; достройка – 4 мин при 72 °C.

Для рестрикции амплифицированных участков генов использовали эндонуклеазы: GH – AluI, TG5 – BstX2I. Расщепление продуктов проводили при 37 °C, генотипы идентифицировали методом гель-электрофорез с визуализацией под УФ-светом. Идентификация продуктов для гена гормона роста: GH^{VV} – 223 п.н.; GH^{LV} – 223, 171, 52 п.н.; GH^{LL} – 171, 52 п.н. Для гена тиреоглобулина: TG5^{TT} – 473, 75 п.н.; TG5^{CT} – 473, 295, 178, 75 п.н.; TG5^{CC} – 295, 178, 75 п.н.

Среднюю пробу мяса-фарша в количестве 400 г отбирали из левой полутуши. Из этой же полутуши перед обвалкой взяли путём поперечного среза мышцы пробу (200 г) длиннейшей мышцы спины на уровне 9-11 рёбер.

Определение содержания сухого вещества проводили путём высушивания образцов в сушильном шкафу при 100 °C. Органическое вещество определяли озолением высушенного образца при 550 °C. Для изучения аминокислотного состава белков говядины использовали систему капиллярного электрофореза с применением анализатора «Капель-105М» (Россия). Жирнокислотный состав липидов мяса определяли методом газожидкостной хроматографии на хроматографе «Кристалл-2000 М» (Россия).

Оборудование и технические средства. Исследования выполнены с использованием приборной базы ЦКП ФГБНУ ФНИЦ БСТ РАН (<http://цкп-бст.рф>).

Статистическая обработка. Анализ данных проводили с помощью офисного программного комплекса «Microsoft Office» («Microsoft», США) с применением «Excel» («Microsoft», США) с обработкой данных в «Statistica 10.0» («Stat Soft Inc.», США) по алгоритмам описательной статисти-

стики. Определение значимости различий между групповыми средними проводили по Критерию Фишера (F-критерий), при этом критический уровень значимости в данном исследовании принимался $P \leq 0,05$.

Результаты исследования.

Носители V-аллели гена GH проявляли высокую интенсивность весового роста в период откорма, что выражалось в превосходстве по предубойной массе на 43,0-63,0 кг (7,60-11,13 %; $P \geq 0,05$) по сравнению с бычками с LL-генотипом (табл. 1). Также V-аллель у герефордского скота ассоциировалась с повышенной массой туши, причём VV-гомозиготы значительно превосходили LL-особей на 45,0 кг (13,61 %; $P \leq 0,05$). Такой же ранг распределения генотипов при полиморфизме GH L127V установлен по выходу туши. Более интенсивный процесс накопления внутреннего жира фиксировался у гетерозиготных бычков, которые превосходили гомозиготных сверстников по массе жира на 0,7-1,2 кг (4,40-7,79 %; $P \geq 0,05$) и его выходу – на 0,2 % ($P \geq 0,05$).

Таблица 1. Влияние полиморфизмов генов GH и TG5 на динамику показателей убой герефордских бычков ($X \pm Sx$)
Table 1. The effect of GH and TG5 gene polymorphisms on slaughter performance dynamics in Hereford bulls ($X \pm Sx$)

Показатель / <i>Indicator</i>	GH			TG5		
	LL	LV	VV	CC	CT	TT
Предубойная масса, кг / <i>Preslaughter weight, kg</i>	566,0 $\pm$ 24,03	609,0 $\pm$ 23,46	629,0 $\pm$ 5,51	607,7 $\pm$ 22,51	597,3 $\pm$ 26,77	599,0 $\pm$ 30,66
Масса туши, кг / <i>Carcass weight, kg</i>	330,7 $\pm$ 13,72 ^a	363,0 $\pm$ 16,09	375,7 $\pm$ 6,36 ^a	364,7 $\pm$ 16,70	350,3 $\pm$ 17,75	354,3 $\pm$ 19,43
Выход туши, % / <i>Carcass yield, %</i>	58,4 $\pm$ 0,34	59,6 $\pm$ 0,36	59,7 $\pm$ 0,80	60,0 $\pm$ 0,55	58,6 $\pm$ 0,61	59,1 $\pm$ 0,50
Масса внутреннего жира, кг / <i>Internal fat weight, kg</i>	15,4 $\pm$ 0,49	16,6 $\pm$ 0,91	15,9 $\pm$ 1,08	16,7 $\pm$ 0,78	15,2 $\pm$ 0,57	16,0 $\pm$ 1,04
Выход внутреннего жира, % / <i>Internal fat yield, %</i>	2,73 $\pm$ 0,15	2,73 $\pm$ 0,17	2,53 $\pm$ 0,19	2,76 $\pm$ 0,19	2,56 $\pm$ 0,22	2,66 $\pm$ 0,09

Примечание: значения с одинаковыми индексами в строке различаются при ^a – $P \leq 0,05$
Note: means with the same indices in a row differ with ^a – $P \leq 0,05$

Полиморфизм TG5 C422T не оказывал значительного влияния на изменчивость показателей убой у герефордских бычков. У носителей CC-генотипа зафиксирована наивысшая величина абсолютно по всем признакам убой, а минимальные значения установлены у гетерозиготных животных.

Несмотря на незначительные различия по химическому составу мяса, обусловленные полиморфизмами генов GH и TG5, необходимо отметить имеющиеся тенденции по накоплению питательных веществ в тушах бычков разных генотипов (табл. 2). LL-генотип ассоциировался с повышенным жиронакоплением на 1,11-1,42 % и минимальным синтезом белка – на 0,82-1,25 % по сравнению с носителями V-аллели. В свою очередь гетерозиготные бычки отличались максимальным содержанием белка и наименьшей долей жира в средней пробе мяса-фарша.

Таблица 2. Влияние полиморфизмов генов GH и TG5 на химический состав мяса-фарша у герефордских бычков ($X \pm Sx$), %

Table 2. The effect of GH and TG5 gene polymorphisms on chemical composition of meat in Hereford bulls ($X \pm Sx$), %

Показатель / Indicator	GH			TG5		
	LL	LV	VV	CC	CT	TT
Влага/Moisture	69,94 $\pm$ 1,11	70,10 $\pm$ 1,81	70,22 $\pm$ 1,15	70,62 $\pm$ 1,31	69,70 $\pm$ 1,65	69,94 $\pm$ 1,10
Жир / Fat	11,06 $\pm$ 1,74	9,64 $\pm$ 1,56	9,95 $\pm$ 1,04	9,44 $\pm$ 1,24	10,38 $\pm$ 1,20	10,82 $\pm$ 1,91
Белок / Protein	18,11 $\pm$ 0,79	19,36 $\pm$ 0,27	18,93 $\pm$ 0,14	19,03 $\pm$ 0,11	19,02 $\pm$ 0,45	18,35 $\pm$ 0,87
Зола / Ash	0,89 $\pm$ 0,02	0,90 $\pm$ 0,02	0,90 $\pm$ 0,01	0,91 $\pm$ 0,01	0,89 $\pm$ 0,01	0,89 $\pm$ 0,02

Т-аллель при полиморфизме гена TG5 ассоциировалась с более интенсивным липогенезом и меньшим синтезом белка в мякотной части туши герефордских бычков, а в гомозиготном состоянии данные эффекты усиливались. Так, между двумя альтернативными гомозиготными генотипами разница по содержанию жира в мясе достигала 1,38 %, белка – 0,68 %. Промежуточный характер накопления питательных веществ в мякоти туши установлен у гетерозиготных животных.

Генетические особенности молодняка по полиморфизму гена GH не оказали значительного влияния на жирнокислотный состав говядины (табл. 3). Тенденция к высокому содержанию полиненасыщенных жирных кислот на 0,44 % ($P=0,055$) и меньшему на 0,46 % ($P \geq 0,05$) насыщенных выявлена у носителей LL-генотипа относительно альтернативного гомозиготного варианта гена. Это выражалось в лучшем соотношении ПНЖК/НЖК на 0,010 ед. ($P=0,06$). Преимущество в ПНЖК у бычков с LL-вариантом гена GH обеспечивалось благодаря повышенному синтезу линолевой на 0,20-0,30 % ($P=0,10$) и линоленовой на 0,06-0,13 % ($P \geq 0,05$) жирных кислот по сравнению со сверстниками.

Таблица 3. Влияние полиморфизмов генов GH и TG5 на жирнокислотный состав мяса герефордских бычков ($X \pm Sx$), %

Table 3. The effect of GH and TG5 gene polymorphisms on fatty acid composition of meat in Hereford bulls ($X \pm Sx$), %

Жирная кислота / Fatty acid	GH			TG5		
	LL	LV	VV	CC	CT	TT
НЖК / SFA	49,17 $\pm$ 0,524	49,30 $\pm$ 1,026	49,63 $\pm$ 0,498	50,03 $\pm$ 0,186	49,57 $\pm$ 0,593	48,50 $\pm$ 0,794
МНЖК / MUFA	45,67 $\pm$ 0,694	45,87 $\pm$ 1,009	45,63 $\pm$ 0,393	45,30 $\pm$ 0,100	45,47 $\pm$ 0,581	46,40 $\pm$ 0,985
ПНЖК / PUFA	5,17 $\pm$ 0,176	4,83 $\pm$ 0,067	4,73 $\pm$ 0,120	4,67 $\pm$ 0,088	4,97 $\pm$ 0,067	5,10 $\pm$ 0,200
ПНЖК/НЖК / PUFA/SFA	0,105	0,098	0,095	0,093 ^b	0,100	0,105 ^b

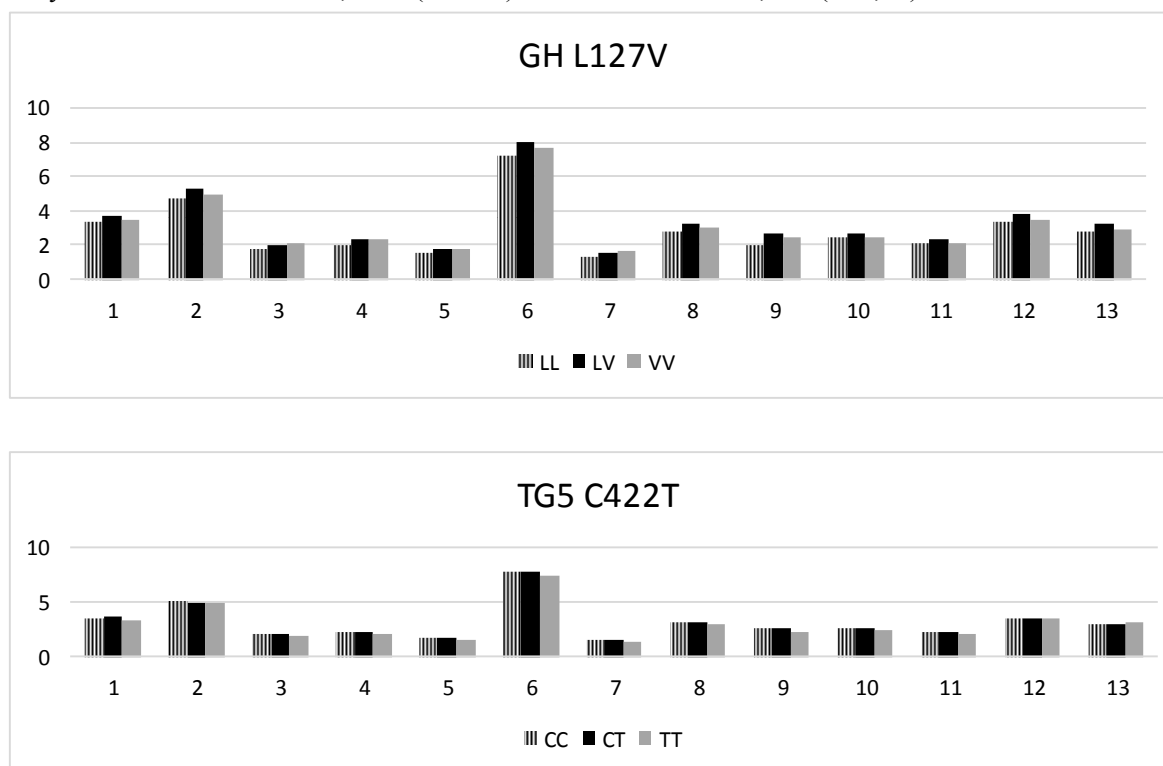
Примечание: значения с одинаковыми индексами в строке различаются при ^b – $P \leq 0,01$

Note: means with the same indices in a row differ with ^b – $P \leq 0.01$

Вариабельность жирнокислотного состава мяса герефордских бычков определялась полиморфизмом гена TG5. При этом Т-аллель ассоциировалась с повышенным содержанием ненасыщенных ЖК и меньшим насыщенными ЖК в структуре липидов мышечной ткани. Причём при гомозиготизации аллели данные эффекты усиливаются. Так, носители СС-генотипа превосходили по количеству насыщенными ЖК на 0,46-1,53 % ($P \geq 0,05$) сверстников с Т-аллелью. Разница между гомозиготными генотипами по синтезу мононенасыщенных ЖК составляла 1,10 % ($P \geq 0,05$), а по полиненасыщенным – 0,43 % ($P=0,06$). Выявленный ранг распределения генотипов по жирнокислот-

ному профилю мяса обеспечил молодняку с ТТ-вариантом гена TG5 значительное превосходство по ПНЖК/НЖК соотношению, которое составляло 0,012 ед. ($P \leq 0,01$).

Полиморфизм гена GH у герефордских бычков обуславливал значительную разницу по содержанию аргинина на 0,31 % ($P \leq 0,05$) и серина на 0,27 % ($P \leq 0,05$) между гетерозиготным и LL-генотипами, а также по метионину на 0,29 % ($P \leq 0,05$) между гомозиготными особями (рис. 1). Кроме того, носители LL-варианта характеризовались минимальным содержанием абсолютно всех изучаемых аминокислот в мышечной ткани. Гетерозиготный молодняк превосходил LL-гомозигот по сумме незаменимых на 3,09 % ($P=0,10$) и заменимых – на 1,9 % ($P \leq 0,05$) аминокислот.



Примечание: 1 – Аргинин, 2 – Лизин, 3 – Тирозин, 4 – Фенилаланин, 5 – Гистидин, 6 – Лейцин + Изолейцин, 7 – Метионин, 8 – Валин, 9 – Пролин, 10 – Треонин, 11 – Серин, 12 – Аланин, 13 – Глицин

Note: 1 – Arginine, 2 – Lysine, 3 – Tyrosine, 4 – Phenylalanine, 5 – Histidine, 6 – Leucine + Isoleucine, 7 – Methionine, 8 – Valine, 9 – Proline, 10 – Threonine, 11 – Serine, 12 – Alanine, 13 – Glycine

Рисунок 1. Влияние полиморфизмов генов GH и TG5 на аминокислотный состав мяса герефордских бычков

Figure 1. The effect of GH and TG5 gene polymorphisms on amino acid composition of meat in Hereford bulls

Значительных различий по аминокислотному составу мяса между герефордскими бычками при группировке в зависимости от полиморфизма гена TG5 не выявлено. Молодняк с ТТ-вариантом уступал по сумме незаменимых аминокислот на 1,17-1,28 % ($P \geq 0,05$) и заменимых – на 0,53-0,55 % ($P \geq 0,05$) гетерозиготным и гомозиготным носителям С-аллели.

Обсуждение полученных результатов.

В нашем исследовании проведён анализ влияния локусов генов TG5 и GH на формирование мясной продуктивности и качества говядины, а также гормонального статуса герефордских бычков

разных генотипов. По данным Karisa BK с коллегами (2013), влияние локуса количественного признака (QTL) на изменчивость отдельного селекционируемого показателя у мясного скота может достигать 19,7 %. В нашем опыте, несмотря на заметные различия по показателям убоя между бычками разных генотипов по гену GH, не выявлено статистически достоверного влияния нуклеотидной замены в гене на общую фенотипическую изменчивость признаков в силу небольшой выборки животных. Тем не менее установлена тенденция генетической детерминации предубойной живой массы на 47,2 % ($P=0,15$) и массы туши – на 52,5 % ($P=0,11$) у герефордов. Дифференциация бычков по генотипам гена GH обусловила значительную разницу по массе туши на 13,61 % ($P\leq 0,05$) между гомозиготными животными с формированием промежуточного варианта у гетерозиготных особей, что свидетельствует об аддитивном эффекте нуклеотидной замены в локусе гена. Влияние полиморфизма GH L127V на изменчивость показателей убоя у крупного рогатого скота отмечено в работах многих авторов (Sedykh TA et al., 2020; Miroshnikov SA et al., 2021; Gerasimov N et al., 2023). Однако сведения об ассоциации конкретных аллелей с развитием мясных качеств весьма противоречивы. Так, в исследованиях Gerasimov N с соавторами (2023) носители V-аллели проявили лучшую способность к весовому росту, от них получены более массивные туши. В то же время в других работах (Sedykh TA et al., 2020; Miroshnikov SA et al., 2021) выявлено положительное влияние L-аллели на выраженность показателей убоя у мясного скота. По-видимому, взаимосвязь полиморфизма GH L127V с характеристикой туш мясного скота имеет породную и популяционную специфичность. Следовательно, необходимы дальнейшие исследования связи между геном гормона роста и убойными качествами для разработки программы селекции мясных пород.

По данным Sycheva I с соавторами (2023), замена в нуклеотидной последовательности C→T в гене тиреоглобулина не сопровождалась заметным изменением в показателях убоя у симментальских бычков. Это в полной мере согласовывалось с результатами убоя герефордских бычков в наших исследованиях. У носителей CC-генотипа отмечалась тенденция к повышенному выходу туши на 1,4 % ($P=0,14$) относительно гетерозиготных сверстников. Ardicli S с коллегами (2023) отмечали значительную связь TG5 гена с формированием предубойной массы и массой туши с преимуществом CC-генотипа относительно симменталов других вариантов гена. Макаев ShA с соавторами (2021) сообщают, что потомство от казахских белоголовых быков с генотипом TG5^{CC} превосходило сверстников как по абсолютной массе жировой ткани, так и по её доли в анатомических частях туши. В наших исследованиях подтверждалась тенденция к превосходству TG5^{CC} носителей по развитию показателей убоя у герефордов.

Изучаемые полиморфизмы генов гормона роста и тиреоглобулина оказывали незначительное влияние на накопление питательных веществ в мясе. Дифференциация бычков по полиморфизму GH L127V обуславливала вариабельность содержания белка в говядине на 35,87 % и жира – на 7,84 %. Влияние гена TG5 (с.-422C>T) на химический состав мяса герефордов было ниже и колебалось от 13,40 % по белку и 6,94 % по жиру. Однако Dolmatova I с коллегами (2020) выявили существенную ассоциацию ($P\leq 0,05$) полиморфизма гена TG5 с содержанием внутримышечного жира у герефордского молодняка. Согласно их данным, носители TT-генотипа отличались лучшей способностью к синтезу жира в мышечной ткани. В свою очередь при откорме герефордских и лимузинских бычков с LL-генотипом по гену гормона роста отмечалось повышенное жиронакопление в тушах (Sedykh TA et al., 2020), что подтверждалось в наших исследованиях.

По данным Lapshina AA с соавторами (2021) содержание полиненасыщенных жирных кислот отрицательно коррелирует с предубойной массой и массой туши. Кроме того, высокая интенсивность жиронакопления у крупного рогатого скота сопряжено с изменениями структуры липидов мышечной ткани, повышается синтез насыщенных и мононенасыщенных жирных кислот. В наших исследованиях носители генотипа GH^{VV} при более массивных тушах отличались минимальным соотношением ПНЖК/НЖК. Бычки с TT-вариантом гена TG5 сочетали умеренную способность к жиронакоплению (по массе и выходу внутреннего жира) с максимальным соотношением ПНЖК/НЖК в мясе, значительно ($P\leq 0,01$) превосходя гомозиготных аналогов на 0,012 ед. Значи-

тельное влияние полиморфизма гена тиреоглобулина на вариабельность жирнокислотного состава сыворотки крови отмечалось у герефордского скота (Selionova MI et al., 2019).

Заключение.

Генотипирование по генам GH и TG5 и последующий убой герефордских бычков позволили изучить формирование мясной продуктивности и качества говядины во взаимосвязи с генотипом. Значительное влияние полиморфизма GH L127V отмечалось на массу туши ($P \leq 0,05$) и аминокислотный состав мяса. Полиморфизм TG5 (с.-422C>T) оказывал значительное ($P \leq 0,05$) влияние на дифференциацию бычков по соотношению полиненасыщенных и насыщенных жирных кислот. Таким образом, генетическая изменчивость бычков по генам гормона роста и тиреоглобулина может быть использована для улучшения как количественных, так и качественных показателей мясной продуктивности герефордского скота при маркер-зависимой селекции.

Список источников

1. Джуламанов К.М., Макаев Ш.А., Герасимов Н.П. Влияние генотипов быков по генам CAPN1, CAST и TG5 на аминокислотный и жирнокислотный составы мяса у потомков казахской белоголовой породы // Животноводство и кормопроизводство. 2020. Т. 103. № 4. С. 74-84. [Dzhulamanov K, Makaev Sh, Gerasimov N. Influence of bull genotypes by genes CAPN1, CAST and TG5 on amino acid and fatty acid compositions of meat in descendants of the Kazakh White-Headed breed. Animal Husbandry and Fodder Production. 2020;103(4):74-84. (In Russ.)]. doi: 10.33284/2658-3135-103-4-74
2. Макаев Ш.А., Герасимов Н.П. Влияние генотипа быков-отцов казахской белоголовой породы по генам CAPN1, CAST и TG5 на качественные показатели мяса у потомков // Животноводство и кормопроизводство. 2020. Т. 103. № 3. С. 102-113. [Makaev ShA, Gerasimov NP. Influence of genotype of sires of the Kazakh White-Headed breed by genes CAPN1, CAST and TG5 on meat quality parameters in offspring. Animal Husbandry and Fodder Production. 2020;103(3):102-113. (In Russ.)]. doi: 10.33284/2658-3135-103-3-102
3. Столповский Ю.А., Пискунов А.К., Свищева Г.Р. Геномная селекция. I. Последние тенденции и возможные пути развития // Генетика. 2020. Т. 56. № 9. С. 1006-1017. [Stolpovsky YA, Piskunov AK, Svishcheva GR. Genomic selection. I: Latest trends and possible ways of development. Russian Journal of Genetics. 2020;56(9):1044-1054. (In Russ.)]. doi: 10.31857/S0016675820090143 doi: 10.1134/S1022795420090148
4. Ardicli S, Dincel D, Samli H, et al. Association of polymorphisms in lipid and energy metabolism-related genes with fattening performance in Simmental cattle. Anim Biotechnol. 2023;34(8):3428-3440. doi: 10.1080/10495398.2022.2152557
5. Dolmatova I, Sedykh T, Valitov F, Gizatullin R, Khaziev D, Kharlamov A. Effect of the bovine TG5 gene polymorphism on milk- and meat-producing ability. Veterinary World. 2020;13(10):2046-2052. doi: 10.14202/vetworld.2020.2046-2052
6. Dzhulamanov KM, Makaev ShA, Gerasimov NP. Evaluation of the gene pool by GH L127V and GHR F279Y polymorphisms in Kazakh White-Headed cattle. Agrarian Bulletin of the Urals. 2022;12(227):35-41. doi: 10.32417/1997-4868-2022-227-12-35-41
7. Gerasimov NP, Dzhulamanov KM, Lebedev SV, Kolpakov VI. Effect of IGF-1 C472T, GH C2141G, and GHR T914A polymorphisms on growth performance and feed efficiency in young Kazakh white-headed cattle. Veterinary World. 2023;16(8):1584-1592. doi: 10.14202/vetworld.2023.1584-1592
8. Karisa BK, Thomson J, Wang Z, Bruce HL, Plastow GS, Moore SS. Candidate genes and biological pathways associated with carcass quality traits in beef cattle. Can J Anim Sci. 2013;93(3):295-306. doi: 10.4141/cjas2012-136
9. Kök S, Vapur G. Effects of leptin and thyroglobulin gene polymorphisms on beef quality in Holstein breed bulls in Turkey. Turk J Vet Anim Sci. 2021;45(2):238-247. doi: 10.3906/vet-2009-12

10. Kostusiak P, Slószar J, Gołebiewski M, Grodkowski G, Puppel K. Polymorphism of genes and their impact on beef quality. *Curr Issues Mol Biol.* 2023;45(6):4749-4762. doi: 10.3390/cimb45060302
11. Lapshina A, Makaev S, Lebedev S, Dzhulamanov K, Gerasimov N. The relationship of quantitative and qualitative indicators of meat productivity in Kazakh white-headed bulls. *J Anim Sci.* 2021;99(S3):260-261. doi: 10.1093/jas/skab235.476
12. Makaev ShA, Dzhulamanov KM, Gerasimov RP. Formation of adipose tissue in Kazakh white-headed bull-calves from sires with a different genotype for the thyroglobulin gene. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.* 2021;848:012075. doi: 10.1088/1755-1315/848/1/012075
13. Miroshnikov SA, Kharlamov AV, Frolov AN, Zavyalov OA. Influence of growth hormone gene polymorphism on the productive qualities and the level of toxic elements in the hair of Kalmyk breed calves. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.* 2021;624:012024. doi: 10.1088/1755-1315/624/1/012024
14. Sedykh TA, Gizatullin RS, Dolmatova IYu, et al. Growth hormone gene polymorphism in relation to beef cattle carcass quality. *Russ Agricult Sci.* 2020;46:289-294. doi: 10.3103/S1068367420030167
15. Selionova MI, Dubovskova MP, Chizhova LN, Mikhailenko AK, Surzhikova ES, Plakhtyukova VR. Fatty acid composition of blood lipids of young beef cattle of different genotypes of CAPN1, GH, TG5, LEP genes. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.* 2019;341:012079. doi: 10.1088/1755-1315/341/1/012079
16. Sycheva I, Latynina E, Mamedov A, Tsbizova O, Kozak Yu, Svistounov D, Bystrenina I, Orishev A. Effect of TG5 and LEP polymorphisms on the productivity, chemical composition, and fatty acid profile of meat from Simmental bulls. *Veterinary World.* 2023;16(8):1647-1654. doi: 10.14202/vetworld.2023.1647-1654
17. Zalewska M, Puppel K, Sakowski T. Associations between gene polymorphisms and selected meat traits in cattle — A review. *Anim Biosci.* 2021;34(9):1425-1438. doi: 10.5713/ab.20.0672

References

1. Dzhulamanov K, Makaev Sh, Gerasimov N. Influence of bull genotypes by genes CAPN1, CAST and TG5 on amino acid and fatty acid compositions of meat in descendants of the Kazakh White-Headed breed. *Animal Husbandry and Fodder Production.* 2020;103(4):74-84. doi: 10.33284/2658-3135-103-4-74
2. Makaev ShA, Gerasimov NP. Influence of genotype of sires of the Kazakh White-Headed breed by genes CAPN1, CAST and TG5 on meat quality parameters in offspring. *Animal Husbandry and Fodder Production.* 2020;103(3):102-113. doi: 10.33284/2658-3135-103-3-102
3. Stolpovsky YA, Piskunov AK, Svishcheva GR. Genomic selection. I: Latest trends and possible ways of development. *Russian Journal of Genetics.* 2020;56(9):1044-1054. doi: 10.31857/S0016675820090143 doi: 10.1134/S1022795420090148
4. Ardicli S, Dincel D, Samli H, et al. Association of polymorphisms in lipid and energy metabolism-related genes with fattening performance in Simmental cattle. *Anim Biotechnol.* 2023;34(8):3428-3440. doi: 10.1080/10495398.2022.2152557
5. Dolmatova I, Sedykh T, Valitov F, Gizatullin R, Khaziev D, Kharlamov A. Effect of the bovine TG5 gene polymorphism on milk- and meat-producing ability. *Veterinary World.* 2020;13(10):2046-2052. doi: 10.14202/vetworld.2020.2046-2052
6. Dzhulamanov KM, Makaev ShA, Gerasimov NP. Evaluation of the gene pool by GH L127V and GHR F279Y polymorphisms in Kazakh White-Headed cattle. *Agrarian Bulletin of the Urals.* 2022;12(227):35-41. doi: 10.32417/1997-4868-2022-227-12-35-41
7. Gerasimov NP, Dzhulamanov KM, Lebedev SV, Kolpakov VI. Effect of IGF-1 C472T, GH C2141G, and GHR T914A polymorphisms on growth performance and feed efficiency in young Kazakh white-headed cattle. *Veterinary World.* 2023;16(8):1584-1592. doi: 10.14202/vetworld.2023.1584-1592

8. Karisa BK, Thomson J, Wang Z, Bruce HL, Plastow GS, Moore SS. Candidate genes and biological pathways associated with carcass quality traits in beef cattle. *Can J Anim Sci.* 2013;93(3):295-306. doi: 10.4141/cjas2012-136
9. Kök S, Vapur G. Effects of leptin and thyroglobulin gene polymorphisms on beef quality in Holstein breed bulls in Turkey. *Turk J Vet Anim Sci.* 2021;45(2):238-247. doi: 10.3906/vet-2009-12
10. Kostusiak P, Slószar J, Gołębiewski M, Grodkowski G, Puppel K. Polymorphism of genes and their impact on beef quality. *Curr Issues Mol Biol* 2023;45(6):4749-4762. doi: 10.3390/cimb45060302
11. Lapshina A, Makaev S, Lebedev S, Dzhulamanov K, Gerasimov N. The relationship of quantitative and qualitative indicators of meat productivity in Kazakh white-headed bulls. *J Anim Sci.* 2021;99(S3):260-261. doi: 10.1093/jas/skab235.476
12. Makaev ShA, Dzhulamanov KM, Gerasimov RP. Formation of adipose tissue in Kazakh white-headed bull-calves from sires with a different genotype for the thyroglobulin gene. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.* 2021;848:012075. doi: 10.1088/1755-1315/848/1/012075
13. Miroshnikov SA, Kharlamov AV, Frolov AN, Zavyalov OA. Influence of growth hormone gene polymorphism on the productive qualities and the level of toxic elements in the hair of Kalmyk breed calves. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.* 2021;624:012024. doi: 10.1088/1755-1315/624/1/012024
14. Sedykh TA, Gizatullin RS, Dolmatova IYu, et al. Growth hormone gene polymorphism in relation to beef cattle carcass quality. *Russ Agricult Sci.* 2020;46:289-294. doi: 10.3103/S1068367420030167
15. Selionova MI, Dubovskova MP, Chizhova LN, Mikhailenko AK, Surzhikova ES, Plakhtyukova VR. Fatty acid composition of blood lipids of young beef cattle of different genotypes of CAPN1, GH, TG5, LEP genes. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.* 2019;341:012079. doi: 10.1088/1755-1315/341/1/012079
16. Sycheva I, Latynina E, Mamedov A, Tsibizova O, Kozak Yu, Svistounov D, Bystrenina I, Orishev A. Effect of TG5 and LEP polymorphisms on the productivity, chemical composition, and fatty acid profile of meat from Simmental bulls. *Veterinary World.* 2023;16(8):1647-1654. doi: 10.14202/vetworld.2023.1647-1654
17. Zalewska M, Puppel K, Sakowski T. Associations between gene polymorphisms and selected meat traits in cattle — A review. *Anim Biosci.* 2021;34(9):1425-1438. doi: 10.5713/ab.20.0672

Информация об авторах:

Александра Андреевна Сафронова, лаборант-исследователь селекционно-генетического центра по мясным породам скота, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29.

Information about the authors:

Aleksandra A Safronova, research assistant of the Breeding and Genetic Center for Beef Cattle, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29 9 Yanvarya st., 460000, Orenburg.

Статья поступила в редакцию 15.05.2024; одобрена после рецензирования 31.05.2024; принята к публикации 10.06.2024.

The article was submitted 15.05.2024; approved after reviewing 31.05.2024; accepted for publication 10.06.2024.

Животноводство и кормопроизводство. 2024. Т. 107, № 2. С. 71-84.
Animal Husbandry and Fodder Production. 2024. Vol. 107, no 2. P. 71-84.

Научная статья
УДК 636.32/.38(470.63)
doi:10.33284/2658-3135-107-2-71

**Использование микросателлитных локусов для генетической идентификации овец
шерстного направления продуктивности в Ставропольском крае**

**Александр Юрьевич Криворучко^{1,6}, Антонина Владимировна Скокова², Лариса Николаевна Скорых³,
Анастасия Александровна Каниболоцкая⁴, Ольга Николаевна Криворучко⁵**

^{1,2,3,4,5}Северо-Кавказский Федеральный научный аграрный центр, Михайловск, Россия

⁶Северо-Кавказский федеральный университет, Ставрополь, Россия

^{1,6}rcvm@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0130-3639>

²antoninaskokova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2193-7498>

³smu.snizhk@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6090-4453>

⁴dorohin.2012@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3003-4175>

⁵lgsvniok@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0005-2051-007x>

Аннотация. Микросателлитные маркеры широко используются в качестве полезного инструмента для измерения генетического разнообразия и дивергенции внутри и между популяциями разных видов животных, включая и овец. Целью данного исследования было изучение внутри- и межпородного генетического разнообразия четырёх пород овец, разводимых на территории Ставропольского края, с использованием микросателлитных маркеров. Материалом для исследования являлась кровь, отобранная у 179 голов овец 4 пород: маньчский меринос (n=58); советский меринос (n=20); северокавказская мясо-шерстная (n=41); кавказская (n=60). Генотипирование овец проводили по 12 микросателлитным локусам, рекомендованных Международным обществом генетики животных (ISAG). Анализ среднего числа аллелей на локус показал высокий уровень генетического разнообразия исследуемых пород овец, в среднем 7...12 аллелей. Количество эффективных аллелей в локусах варьировало от 4 для советского мериноса до 6 для овец кавказской породы. Максимальная величина эффективных аллелей выявлена в локусе INRA5 (9,0), минимальным количеством характеризовался локус MAF214 (1,9). Наиболее высокой частотой встречаемости характеризовались аллели 189 локуса MAF214 (68 %) у маньчского мериноса и 154 локуса INRA172 (65 %) – у советского мериноса. Выявлены аллели 209 в локусе CSRD247, 166 – в локусе INRA172 и 129 – в локусе MAF65, обнаруженные только у овец маньчского мериноса, с частотой встречаемости 26, 28 и 40 % соответственно. Аллель 97 в локусе OarFCB20 с частотой встречаемости 20 % обнаружен только у овец породы советский меринос. Показатели наблюдаемой (Ho) и ожидаемой гетерозиготности (He) по 12 микросателлитным локусам составили 0,8 и 0,78. Значения PIC находились в диапазоне от 0,42 (MAF214) до 0,87 (INRA5) со средним значением 0,7 для всех локусов, что указывает на высокую информационную ценность микросателлитов в качестве молекулярно-генетических маркеров. Результаты этого исследования могут быть использованы при составлении селекционных программ и планов по сохранению генетических ресурсов местных пород овец для поддержания адекватного уровня биоразнообразия в овцеводстве.

Ключевые слова: овцы, генотип, микросателлитный анализ, локус, аллель, генетическое разнообразие

Для цитирования: Использование микросателлитных локусов для генетической идентификации овец шерстного направления продуктивности в Ставропольском крае / А.Ю. Криворучко, А.В. Скокова, Л.Н. Скорых, А.А. Каниболоцкая, О.Н. Криворучко // Животноводство и кормопроизводство. 2024. Т. 107. № 2. С. 71-84. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-107-2-71>

Original article

The use of microsatellite loci for genetic identification of wool sheep in the Stavropol Territory

**Alexander Yu Krivoruchko^{1,6}, Antonina V Skokova², Larisa N Skorykh³,
Anastasia A Kanibolotskaya⁴, Olga N Krivoruchko⁵**

^{1,2,3,4,5}North Caucasus Federal Agrarian Research Centre, Mikhaylovsk, Russia

⁶North Caucasus Federal University, Stavropol, Russia

^{1,6}rcvm@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0130-3639>

²antoninaskokova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2193-7498>

³smu.sniizhk@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6090-4453>

⁴dorohin.2012@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3003-4175>

⁵lgsvniok@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0005-2051-007x>

Abstract. Microsatellite markers are widely used as a useful tool for measuring genetic diversity and divergence within and between populations of different animal species, including sheep. The purpose of this study was to study the intra- and interbreed genetic diversity of four breeds of sheep bred in the territory of the Stavropol territory using microsatellite markers. The material for the study was blood taken from 179 heads of sheep of 4 breeds: Manych merino (n=58); Soviet merino (n=20); North Caucasian meat-wool (n=41); Caucasian (n=60). Sheep were genotyped using 12 microsatellite loci recommended by the International Society of Animal Genetics (ISAG). The analysis of the average number of alleles per locus showed a high level of genetic diversity of the studied sheep breeds, on average 7...12 alleles. The number of effective alleles in loci varied from 4 for the Soviet merino sheep to 6 for the Caucasian breed sheep. The highest frequency of occurrence was characterized by alleles 189 of the MAF214 locus (68%) in the Manych merino and 154 of the INRA172 locus (65%) in the Soviet merino. Alleles 209 were identified in the CSRD247 locus, 166 in the INRA172 locus and 129 in the MAF65 locus, found only in the Manych Merino sheep, with a frequency of occurrence of 26, 28 and 40%, respectively. Allele 97 in the OarFCB20 locus with an occurrence frequency of 20% was found only in the Soviet Merino sheep. The observed (H_o) and expected heterozygosity (H_e) indicators for 12 microsatellite loci were 0.8 and 0.78. PIC values ranged from 0.42 (MAF214) to 0.87 (INRA5) with an average value of 0.7 for all loci, indicating the high information value of microsatellites as molecular genetic markers. The results of this study can be used in drawing up breeding programs and plans for the conservation of genetic resources of local sheep breeds to maintain an adequate level of biodiversity in sheep farming.

Keywords: sheep, genotype, microsatellite analysis, locus, allele, genetic diversity

For citation: Krivoruchko AY, Skokova AV, Skorykh LN, Kanibolotskaya AA, Krivoruchko ON. The use of microsatellite loci for genetic identification of wool sheep in the Stavropol Territory. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2024;107(2):71-84. (In Russ.). <https://doi.org/10.33284/2658-3135-107-2-71>

Введение.

В решении проблемы совершенствования и рационального использования генофонда отечественных пород овец важная роль отводится объективным методам прогноза генетического потенциала за счёт эффективных и современных средств оценки (Колпаков В.И., 2020). Одной из возможностей дальнейшего увеличения производства, которая используется в последние десятилетия, является применение научных исследований в области биотехнологии и генетики. Стремительное развитие молекулярной генетики позволило открыть маркеры, пригодные для получения широкого спектра объективной информации как индивидуальной о каждом животном, так и в популяционном, и породном аспектах (Селионова М.И. и др., 2018).

С помощью методов молекулярной генетики возможно определение генетических различий между особями, породами и популяциями овец. При этом оценка генетического разнообразия является ключом к долгосрочному выживанию большинства видов и должно осуществляться на ос-

нове комплексной информации о структуре популяций, включая источники генетической изменчивости внутри популяций и между ними (Иванникова А.В. и др., 2023).

Оценка генетического разнообразия в овцеводстве является ключевым приоритетом для предотвращения устойчивого роста инбридинга, приводящего к негативным последствиям в виде инбредной депрессии, которая характеризуется снижением плодовитости, ростом заболеваемости и уменьшением выживаемости потомства, что в долгосрочной перспективе может привести к угрозе исчезновения некоторых пород (Харзинова В.Р. и Зиновьева Н.А., 2020).

Для определения степени генетического разнообразия популяций используется множество подходов и методов, одним из которых является оценка с помощью молекулярных маркеров, включая микросателлиты (короткие tandemные повторы, STR). Анализ микросателлитных локусов получил широкое распространение в качестве эффективного инструмента для оценки генетического разнообразия и дивергенции внутри популяций и между ними. Благодаря высокому уровню полиморфизма, проявляющегося в наличии большого числа аллелей на локус, и кодоминантному наследованию микросателлиты используются для различных генетических исследований, в том числе определения родства, идентификации пород, оценке генетической структуры и в популяционной генетике сельскохозяйственных животных (Денискова Т.Е. и др., 2017; Насамбаев Е. и др., 2023).

В последние годы проведено множество исследований генетической изменчивости и разнообразия местных пород овец с использованием микросателлитного анализа. Румынскими учёными (Dudu A et al., 2020) при помощи микросателлитов удалось провести инвентаризацию генетических ресурсов наиболее важных румынских пород овец и создать базу данных их генотипов. Египетские учёные проводили исследования по определению генотипов по микросателлитным локусам у египетских овец, разводимых в разных регионах, которые помогли сделать вывод о необходимости генетического управления стадами на основе молекулярных маркеров – микросателлитов (Yousif AN et al., 2023).

В России характеристикой аллелофонда и изучением генетического разнообразия, оценкой степени дифференциации между породами овец занимаются многие научные коллективы. В исследованиях Денисковой Т.Е. с коллегами (2016б) была дана генетическая характеристика трём российским породам по 11 микросателлитным локусам (тувинская короткожирнохвостая, татарстанская и романовская), разводимых в хозяйствах Ярославской области, с целью дальнейшей ДНК-паспортизации. В своей работе Гладырь Е.А. с соавторами (2013) оценили степень дифференциации овец эдильбаевской и калмыцкой пород и показали информативность микросателлитов для характеристики аллелофонда исследуемых овец. При изучении полиморфизма микросателлитных локусов у овец сальской породы Широкова Н.В. с коллегами (2017) установили целесообразность определения генотипов по микросателлитам для оценки генетического разнообразия и достоверности происхождения сальской породы овец.

Микросателлиты показали высокую эффективность при проведении генетической экспертизы достоверности происхождения молодняка овец (Озеров М.Ю. и др., 2019).

Генотипирование отечественных пород овец по микросателлитным локусам является важным этапом при изучении аллелофонда и оценке генетической структуры, генетического разнообразия каждой отдельной породы для дальнейшего сохранения уникального генофонда и совершенствования продуктивных качеств (Селионова М.И. и др., 2018).

Генофонд овец Ставропольского края представлен в основном тонкорунными и полутонкорунными породами, которыми являются советский и манычский меринос, северокавказская мясошерстная и кавказская породы. Лучшие стада этих овец характеризуются высокими показателями как шерстной, так и мясной продуктивности, что говорит об их значительном генетическом потенциале (Хататаев С.А. и др., 2018).

Северокавказская мясо-шерстная – полутонкорунная порода овец с длинной шерстью, выведенная в советское время на базе племенного завода «Восток» Ставропольского края. Уникаль-

ные характеристики породы делают её универсальной для разведения как при получении животных с нежным мясом без резкого запаха, так и с хорошей шерстью (Сафонова Н.С., 2021).

Советский меринос – отечественная порода тонкорунных овец, возникшая в южных регионах России и популярная среди овцеводов благодаря нетребовательности к содержанию и, вместе с тем, достаточно высокой рентабельности за счёт большого выхода ценной шерсти. Шерсть этих мериносов – эластичная, мягкая, с шелковистым блеском. Животные отлично адаптированы к разведению в засушливых и полувасушливых районах, хорошо переносят отгонный тип содержания на зимних пастбищах (Моисейкина Л.Г. и др., 2022).

Маньчжский меринос – тонкорунная порода овец, возникшая при скрещивании австралийских мериносов с овцематками ставропольской породы. Порода обладает выносливостью в крайне засушливых районах, производством мериносовой шерсти, высоким выходом чистого волокна. Племенное ядро породы создавалось и в настоящее время находится в племенных заводах Ставропольского края (Ефимова Н.И. и Шумаенко С.Н., 2024).

Особое внимание вызывает кавказская порода овец, полиморфизм микросателлитных локусов у которой до настоящего времени не изучался. Кавказские овцы выведены в СССР благодаря работе селекционеров Ставропольского края. Относится к шерстно-мясному типу. Это – крупные животные с отличным экстерьером и крепкой конституцией, имеют высокий настриг шерсти, обильномолочны и прекрасно приспособлены к сухому засушливому климату (Лушников В.П. и др., 2019).

Несмотря на то, что Денисковой Т.Е. с коллегами (2016а) уже проводилась оценка аллелофонда и генетического разнообразия некоторых отечественных пород по микросателлитным маркерам, анализ генетических особенностей исследуемых популяций овец до настоящего времени не выполнялся.

Цель исследования.

Оценка генетической структуры четырёх пород овец, разводимых на территории Ставропольского края, с использованием микросателлитных маркеров для определения внутри- и межпородного генетического разнообразия.

Материалы и методы исследований.

Объект исследований. Овцы, разводимые в племенных хозяйствах Ставропольского края: маньчжский меринос, советский меринос, северокавказская мясо-шерстная, кавказская.

Обслуживание животных и экспериментальные исследования были выполнены в соответствии с инструкциями и рекомендациями нормативных актов: Модельный закон Межпарламентской Ассамблеи государств-участников Содружества Независимых Государств "Об обращении с животными", ст. 20 (постановление МА государств-участников СНГ № 29-17 от 31.10.2007 г.). При проведении исследований были предприняты меры для обеспечения минимума страданий животных и уменьшения количества исследуемых опытных образцов.

Схема эксперимента. Было отобрано 179 овец, разводимых в племенных хозяйствах Ставропольского края: КПЗ им. Ленина Апанасенковского (маньчжский меринос, n=58); СПК КПЗ им. Ленина Арзгирского (советский меринос, n=20); СПК «Восток» Степновского (северокавказская мясо-шерстная, n=41) и ЗАО «Племзавод им. Героя Соцтруда В.В. Калягина» Ипатовского (кавказская, n=60) районов.

Для проведения анализа у каждого животного отбирались образцы крови. Исследования проводили на основе ДНК, выделенной при помощи набора реагентов МагноПрайм® ВЕТ в соответствии с инструкцией производителя (ООО «НекстБио», Россия) на станции для автоматического выделения и очистки нуклеиновых кислот NEXOR 32M (Lepu Medical Technology, Китай). ПЦР проводили в ДНК-амплификаторе MiniAmp Plus (Thermo Fisher Scientific, США) при помощи набора реагентов «COrDIS Sheep» (ООО «Гордиз», г. Москва) для мультиплексного анализа 12-ти микросателлитных маркеров овец согласно рекомендации производителя. Изучали следующие

STR-локусы: McM042, INRA006, McM527, ETH152, CSRD247, OarFCB20, INRA172, INRA063, MAF065, MAF214, INRA005, INRA023. Размер амплифицированных участков ДНК каждого микросателлитного локуса определяли методом капиллярного электрофореза в генетическом анализаторе Нанофор-05 (Синтол, Россия). Определение размеров выявленных генотипов ДНК в исследуемых локусах проводили при помощи программы GeneMarker (SoftGenetics, LLC).

Оборудование и технические средства. Молекулярно-генетические исследования выполнялись на базе лаборатории молекулярно-генетической экспертизы ВНИИОК-филиал Северо-Кавказский ФНАЦ и Северо-Кавказский Федеральный Университет с использованием следующего оборудования и технических средств: станция для автоматического выделения и очистки нуклеиновых кислот NEXOR 32M («Lepu Medical Technology», Китай); ДНК-амплификатор MiniAmp Plus («Thermo Fisher Scientific», США); генетический анализатор Нанофор-05 («Синтол», Россия); набор реагентов МагноПрайм® BET (ООО «НекстБио», Россия); «COrDIS Sheep» (ООО «Гордиз», г. Москва); компьютерная программа GeneMarker (SoftGenetics, LLC).

Статистическая обработка. Генетико-статистический анализ проводили с помощью математических формул с помощью офисного программного комплекса «Microsoft Office» («Microsoft», США) с применением программы «Excel» («Microsoft», США). Были рассчитаны следующие показатели: частота встречаемости аллелей; среднее число аллелей на локус (N_a); эффективное число аллелей (N_e); наблюдаемая и ожидаемая гетерозиготность; индекс Нея; величина информативной ценности использованных маркеров (PIC).

Результаты исследования.

Значения параметров генетического разнообразия показали высокую степень полиморфизма у анализируемых пород овец, для 12 локусов обнаружено 466 аллелей. Наибольшее количество аллелей (145) выявлено у овец кавказской породы. Среднее число аллелей на локус варьировало в пределах от 7 до 12 (табл. 1).

Таблица 1. Характеристика основных генетических параметров изучаемых пород овец
 Table 1. Main genetic parameters of the studied sheep breeds

Порода / Breed	Количество животных / Number of animals, <i>n</i>	Количество локусов / Number of loci	Индекс Нея / <i>Ney</i> indices	Наблюдаемая гетерозиготность / Observed heterozygosity, <i>N_o</i>	Среднее число аллелей на локус / The average number of alleles per locus, <i>N_a</i>
Манычский меринос / <i>Manych merino</i>	58	12	0,73±0,03	0,70±0,02	9,08±3,12
Советский меринос / <i>Soviet Merino</i>	20	12	0,76±0,02	0,74±0,02	7,08±1,93
Северокавказская мясо-шерстная / <i>North Caucasian meat -wool</i>	41	12	0,80±0,02	0,88±0,01	10,25±2,01
Кавказская / <i>Caucasian</i>	60	12	0,82±0,02	0,85±0,01	12,08±2,19

Рассматривая количество аллелей в зависимости от анализируемых локусов, можно отметить, что самыми высокополиморфными оказались локусы INRA23, INRA63 и INRA172 с числом аллелей 15, наименьшим генетическим разнообразием у исследуемых пород отличались локусы ETH152, MAF65 и MAF214 – по 5 аллелей (табл. 2).

Таблица 2. Среднее число аллелей (Na) и количество эффективных аллелей (Ne) у овец разных пород по 12 микросателлитным локусам

Table 2. The average number of alleles (Na) and the number of effective alleles (Ne) in sheep of different breeds according to 12 microsatellite loci

Локусы / Loci	Маньчжурский меринос / <i>Manych merino</i>		Советский меринос / <i>Soviet Merino</i>		Северокавказская мясо-шерстная / <i>North Caucasian meat-wool</i>		Кавказская / <i>Caucasian</i>	
	Na	Ne	Na	Ne	Na	Ne	Na	Ne
CSRD247	10	4,6	7	4,1	8	4,5	11	6,9
ETH152	7	2,9	5	4	8	4,4	9	5,1
INRA5	13	8	12	6,8	12	8,1	14	9
INRA6	6	2,6	6	3,7	8	4,5	11	5
INRA23	15	7,2	7	5,8	10	7,4	11	8
INRA63	8	5,3	8	5,0	13	7,6	15	8
INRA172	7	2,7	4	2,2	11	2,6	15	3,0
MAF65	7	3,8	5	2,5	9	3,7	10	4,2
MAF214	5	1,9	7	2,8	12	4,7	15	3,6
McM042	13	4,7	7	4,3	6	3,7	10	5,6
McM527	9	4,2	8	5,9	11	8,0	11	7,7
OarFCB20	9	4,3	8	5,3	12	5,3	13	6,7
Итого / Total	109	52,2	84	52,4	120	64,5	145	72,8
В среднем / On average	9	4,4	7	4	10	5,4	12	6

Наиболее высоким полиморфизмом в локусах отличались овцы кавказской породы, среднее число аллелей по породе составило 12.

Число эффективных аллелей (уровень полиморфности) для анализируемых микросателлитных локусов составило от 4 у овец породы советский меринос до 6 – у кавказской породы. Максимальная величина эффективных аллелей выявлена в локусе INRA5 (9,0), минимальным количеством характеризовался локус MAF214 (1,9). Наименьшее генетическое разнообразие выявлено в локусе INRA172 для всех анализируемых пород, составив при этом 2,2...3,0. Наиболее информативным оказался локус INRA5 (6,8...9).

При расчёте частоты встречаемости аллелей оказалось, что более 53 % животных среди маньчжурского мериноса являлись носителями аллеля 186 локуса ETH152, у 56 % особей встречался аллель 110 локуса INRA6. Высокая частота встречаемости характерна также для аллелей 160 (INRA172) и 189 (MAF214), составившая 52 и 68 % соответственно.

Для овец породы советский меринос высокая частота встречаемости характерна для аллелей 154 локуса INRA172 (65 %), 125 локуса MAF65 (55 %) и 189 - MAF214 (53 %).

У овец северокавказской мясо-шерстной породы и кавказской выявлен один аллель 154 в локусе INRA172, носителями которого оказалось более половины животных с частотой встречаемости 60 и 56 % соответственно. Хочется отметить высокую встречаемость аллеля 154 в локусе INRA172 для всех пород овец, кроме маньчжурского мериноса.

Выявлено 3 общих аллеля в 3 локусах, которые встретились у 30-40 % животных изучаемых пород, кроме маньчжурского мериноса: аллель 186 в локусе ETH152 с частотой встречаемости в среднем 31,3 %; аллель 110 локуса INRA6, встречаемость которого составила 34,7 % и аллель 189 локуса MAF214 с частотой 44,3 %.

Овцы всех исследуемых пород оказались носителями общих аллелей, с частотой встречаемости от 20 до 30 %, в 6 из 12 рассматриваемых локусах: аллели 213 и 227 локуса CSRD247 (25,3 и 30 %); 190 локуса ETH152 (23,3 %); 198 - INRA23 (23,3 %); 169 - INRA63 (22,8 %); 127 - MAF65 (22,3 %); аллели 87 и 95 локуса McM42 (28,5 %) и (27,8 %).

При этом можно отметить, что у овец манычский меринос выявлено по одному аллелю в локусах CSRD247 (209), INRA5 (131), INRA23 (216), MAF65 (129), McM042 (97), OarFCB20 (97) и по два аллеля – в локусе INRA172 (166, 170), которые встречались только у этой породы. Наибольшее количество манычских мериносов (40 %) явились носителями аллеля 129 в локусе MAF65. Средняя частота встречаемости уникальных аллелей составила 22,7 %. У овец породы советский меринос выявлено два аллеля в локусах INRA23 (210) и MAF65 (137), характерных для этой породы, с частотой встречаемости 13 и 10 % соответственно. В популяции овец северокавказской мясо-шерстной породы диагностировано по одному уникальному аллелю в локусах ETH152 (194), INRA23 (214), MAF214 (181) и по два – в локусах INRA5 (133, 139), INRA63 (167, 189), MAF65 (117, 121), частота встречаемости которых была от 10 до 16 %. Для овец кавказской породы выявлено три аллеля в локусе INRA6 и один – в локусе INRA63, характерных только для этой породы, но с очень низкой частотой встречаемости, в среднем 1,3 %. Ни одного уникального аллеля не обнаружено в микросателлитном локусе McM527 (табл. 3).

Таблица 3. Частота встречаемости уникальных аллелей
 Table 3. Frequency of occurrence of unique alleles

Локусы / Loci	Манычский меринос / <i>Manych merino</i>		Советский меринос / <i>Soviet Merino</i>		Северокавказская мясо-шерстная / <i>North Caucasian meat and wool</i>		Кавказская / <i>Caucasian</i>	
	Ал- лель / <i>Allele</i>	Частота / <i>Frequency</i> , %	Ал- лель / <i>Allele</i>	Частота / <i>Frequency</i> , %	Ал- лель / <i>Allele</i>	Частота / <i>Frequency</i> , %	Ал- лель / <i>Allele</i>	Частота / <i>Frequency</i> , %
CSRD247	209	26	-	-	-	-	-	-
ETH152	-	-	-	-	194	12	-	-
INRA5	131	11	-	-	133	12		
					139	12		-
							118	2
INRA6	-	-	-	-	-	-	124	1
INRA23	216	11	210	13	132			1
					214	16		
INRA63	-	-	-	-	167	10		
					189	10	185	1
INRA172	166	28	-	-				
	170	13			-	-	-	-
MAF65	129	40	137	10	117	11		
					121	12	-	-
MAF214	-	-	-	-	181	10	-	-
McM042	97	10	-	-	-	-	-	-
McM527	-	-	-	-	-	-	-	-
OarFCB20	97	20	-	-	-	-	-	-

Относительно высокая встречаемость аллелей в вышеуказанных локусах у манычского, советского мериноса и северокавказских мясо-шерстных овец позволяет отнести эти аллели к породоспецифичным.

Для определения генетической изменчивости изученных пород овец нами были рассчитаны следующие показатели: PIC – мера информационного полиморфизма, Но – наблюдаемая гетерозиготность и He – ожидаемая гетерозиготность (табл. 4).

Таблица 4. Уровень гетерозиготности и информационный полиморфизм по 12 микросателлитным локусам

Table 4. The level of heterozygosity and information polymorphism according to 12 microsatellite loci

Порода / <i>Breed</i>	Маньчский меринос / <i>Manych merino</i>			Советский меринос / <i>Soviet Merino</i>			Северокавказская мясо-шерстная / <i>North Caucasian meat-wool</i>			Кавказская / <i>Caucasian</i>		
Локусы / <i>Loci</i>	PIC	Но	He	PIC	Но	He	PIC	Но	He	PIC	Но	He
CSRD247	0,74	0,62	0,78	0,71	0,65	0,77	0,74	0,78	0,78	0,83	0,9	0,85
ETH152	0,62	0,55	0,66	0,70	0,75	0,77	0,73	0,87	0,78	0,77	0,81	0,80
INRA5	0,86	0,89	0,88	0,82	0,95	0,86	0,86	0,92	0,88	0,87	0,9	0,89
INRA6	0,57	0,5	0,62	0,68	0,7	0,74	0,75	0,95	0,79	0,77	0,81	0,80
INRA23	0,84	0,87	0,86	0,80	0,65	0,85	0,85	0,85	0,87	0,86	0,86	0,88
INRA63	0,78	0,84	0,81	0,77	0,9	0,82	0,85	1	0,88	0,86	0,95	0,88
INRA172	0,57	0,77	0,63	0,50	0,65	0,55	0,60	0,73	0,62	0,65	0,7	0,67
MAF65	0,70	0,72	0,74	0,55	0,55	0,62	0,70	0,87	0,74	0,73	0,83	0,77
MAF214	0,42	0,46	0,48	0,60	0,55	0,66	0,76	0,90	0,79	0,68	0,76	0,73
McM42	0,76	0,75	0,79	0,73	0,7	0,79	0,74	0,92	0,79	0,80	0,9	0,83
McM527	0,72	0,70	0,76	0,80	0,95	0,85	0,86	0,95	0,88	0,85	0,91	0,87
OarFC20	0,73	0,75	0,76	0,78	0,95	0,83	0,80	0,85	0,82	0,83	0,9	0,86
В среднем / <i>On average</i>	0,69	0,7	0,73	0,70	0,74	0,76	0,77	0,88	0,8	0,79	0,85	0,82

Полиморфная информативность оказалась высокой в большинстве комбинаций локус-порода, что можно применять для оценки внутри- и межпородной изменчивости. Мера колебаний значений PIC находилась в пределах от 0,42 в локусе MAF214 до 0,87 в локусе INRA5. Средний показатель PIC для всех локусов составил 0,7, что указывает на высокую информационную ценность микросателлитов в качестве молекулярно-генетических маркеров. Рассматривая PIC в различных локусах, можно отметить, что самое его низкое значение встречается в локусе MAF214 у овец породы маньчский меринос, что характеризует данный локус как обладающий средней полиморфностью.

В среднем значения наблюдаемой и ожидаемой гетерозиготности по 12 микросателлитным локусам составили 0,8 и 0,78. Самым минимальным значением для наблюдаемой гетерозиготности характеризовался локус MAF214 у овец породы маньчский меринос, максимальным – локус INRA63 у северокавказских мясо-шерстных овец. В отношении ожидаемой гетерозиготности наблюдается следующее: минимальным значением 0,48 обладал локус MAF214 в популяции овец маньчского мериноса, максимальным – 0,89 – INRA5 у кавказской породы (табл. 4).

Следует отметить, что животные породы маньчский меринос отличались недостаточным количеством гетерозигот по 4 микросателлитным локусам (CSRD247, ETH152, INRA6, McM527) и избытком по локусу INRA172. Овцы породы советский меринос отличались недостатком гетерозигот по 6 локусам CSRD247, INRA6, INRA23, MAF65, MAF214, McM42, по остальным локусам отмечен избыток гетерозигот. Северокавказскую мясо-шерстную породу овец отличает избыток ге-

терозигот практически по всем локусам, кроме CSRD247 и INRA23, у овец кавказской породы также отмечен избыток гетерозиготных особей в 6 локусах CSRD247, INRA23, MAF65, McM42, McM527 и OarFC20, в остальных локусах гетерозиготы находились в достаточном количестве.

Обсуждение полученных результатов.

Количество аллелей в различных маркерных локусах служит мерой генетической изменчивости, оказывающей непосредственное влияние на дифференциацию пород внутри вида. Число эффективных аллелей в локусах позволяет судить о генетическом полиморфизме. Чем больше количество аллелей в локусе, тем выше степень генетического разнообразия (Hoban S et al., 2022). Данные настоящего исследования показали достаточно высокое генетическое разнообразие шерстных овец Ставропольского края. Среднее число аллелей на 12 микросателлитных локусов составило от 7 до 12, число эффективных аллелей варьировало в пределах от 4 до 6. Чебуранова Е.С. (2021) при изучении полиморфизма микросателлитных локусов у овец породы дорпер отметила, что среднее число аллелей (N_a) составило от 1 до 8 на локус, при этом минимальным количеством (1) характеризовался локус INRA172, максимальным (8) – McM042.

Расчёт частоты аллелей позволяет судить об аллелофонде пород, генеалогии, степени их сходства или различия, о накоплении гетеро- или гомозиготных особей в процессе отбора и подбора (Денискова Т.Е., 2016б). Анализ частоты встречаемости уникальных аллелей, характерных для каждой отдельной породы, выявил 19 уникальных аллелей: у овец маньчжурского мериноса аллели 209 (CSRD247), 131 (INRA5), 216 (INRA23), 129 (MAF65), 97 (McM042), 97 (OarFCB20), 166, 170 (INRA172); у овец породы советский меринос – 210 (INRA23) и 137 (MAF65); северокавказской мясо-шерстной породы – 194 (ETH152), 214 (INRA23), 181 (MAF214), 133, 139 (INRA5), 167, 189 (INRA63), 117, 121 (MAF65). Довольно высокая частота встречаемости этих аллелей позволила отнести их к породоспецифичным. Гладырь Е.А. с коллегами (2013), оценивая степень дифференциации двух пород овец, пришли к заключению, что три аллеля 129, 131 и 133 в локусе INRA49 у калмыцкой породы овец и один аллель 147 (INRA49) у эдильбаевской породы с частотой встречаемости 33,3; 14,6; 10,4 и 18,1 % соответственно, следует считать породоспецифичными для исследуемых популяций.

Показатель меры информационного полиморфизма (PIC) исследуемых локусов составил 0,7, что говорит о высокой информационной ценности микросателлитов в качестве молекулярно-генетических маркеров у исследуемых нами пород овец Ставропольского края. Изучением генетического полиморфизма микросателлитных локусов и анализом генетического разнообразия 14 популяций овец занимались иранские учёные. Значения содержания полиморфной информации (PIC) в их исследованиях составило в среднем 0,88 для анализируемых локусов, что указывает на пригодность микросателлитов для оценки биоразнообразия (Vajed Ebrahimi MT et al., 2017).

Значение наблюдаемой гетерозиготности можно рассматривать как меру генетической изменчивости популяции. Чем больше гетерозиготных особей, тем выше частота встречаемости разных аллелей, иллюстрирующая наличие изменчивости. Но для более полной оценки изменчивости применяется показатель ожидаемой гетерозиготности (Chesnokon YV et al., 2020). Проведённые исследования выявили, что изучаемые породы овец характеризуются достаточным количеством гетерозигот, что указывает на высокое генетическое разнообразие. Показатели ожидаемой гетерозиготности по микросателлитным локусам варьировали от 0,73 для маньчжурских овец до 0,82 – для кавказских. Результаты, полученные ранее учёными (Al-Atiyat RM et al., 2018) при рассмотрении генетического разнообразия 6 пород овец Саудовской Аравии по микросателлитным локусам, показали высокий уровень ожидаемой гетерозиготности (от 0,73 до 0,80), что говорит о значительной генетической изменчивости анализируемых популяций.

Заключение.

Исследование показывает, что проанализированные породы овец Ставропольского края обладают высокой генетической изменчивостью. Среднее количество аллелей на локус находилось в

пределах от 7 у овец породы советский меринос до 12 – у кавказской породы. Значение наблюдаемой гетерозиготности по 12 локусам составило: 0,7 – для маньчжского мериноса; 0,74 – советского мериноса; 0,88 – северокавказской мясо-шерстной породы; 0,85 – для овец кавказской породы. Показатели ожидаемой гетерозиготности по микросателлитным локусам находились в пределах от 0,73 для маньчжских овец до 0,82 – у кавказских. Все исследуемые популяции овец характеризуются достаточным количеством гетерозигот, что указывает на высокое генетическое разнообразие. Сравнительная оценка полиморфизма 12 микросателлитных локусов показала определённое генетическое сходство четырёх пород овец, разводимых в Ставропольском крае, но в тоже время имелись и характерные различия, выразившиеся в наличии уникальных аллелей. В анализируемых популяциях идентифицировано 19 уникальных аллелей: 8 аллелей – у овец маньчжского мериноса; 2 аллеля – у овец породы советский меринос; 9 – у северокавказской мясо-шерстной. Высокая частота встречаемости данных аллелей в породе, составившая от 10 до 40 %, позволяет отнести их к породоспецифичным для этих популяций овец.

Список источников

1. Влияние факторов окружающей среды на генетическую изменчивость грубошерстных пород овец / М.Ю. Озеров, М. Тапио, Ю. Кантанен, С.Н. Марзанова, Е.А. Корецкая, В.П. Лушников, Н.С. Марзанов // Российская сельскохозяйственная наука. 2019. № 6. С. 40-44. [Ozerov MYu, Tapio M, Kantanen J, Marzanova SN, Koreckaya EA, Lushnikov VP, Marzanov NS. Genetic factors affecting genetic variance in coarse-wool sheep. Rossiiskaia selskokhoziaistvennaia nauka. 2019;6:40-44. (In Russ.)]. doi: 10.31857/S2500-26272019640-44
2. Денискова Т.Е., Гладырь Е.А., Зиновьева Н.А. Характеристика некоторых российских пород овец по микросателлитным маркерам // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2016а. № 9-1. С. 24-29. [Deniskova TE, Gladyr' EA, Zinov'eva NA. Harakteristika nekotoryh rossijskih porod ovec po mikrosatellitnym markeram. Aktual'nye problemy gumanitarnyh i estestvennyh nauk. 2016a;9-1:24-29. (In Russ.)].
3. Динамика аллелофонда овец романовской породы на основании анализа микросателлитов / Т.Е. Денискова, А.Д. Соловьева, О.В. Костюнина, Н.А. Зиновьева // Овцы, козы, шерстяное дело. 2017. № 3. С. 5-6. [Deniskova TE, Solov'eva AD, Kostjunina OV, Zinov'eva NA. Dinamika allelofonda ovec romanovskoj porody na osnovanii analiza mikro-satellitov. Sheep, Goats, Wool Business. 2017;3:5-6. (In Russ.)].
4. Ефимова Н.И., Шумаенко С.Н. Отбор и формирование селекционных групп в племенных стадах тонкорунных пород овец, разводимых в Ставропольском крае // Сельскохозяйственный журнал. 2024. Т. 17. № 1. С. 101-108. [Efimova NI, Shumaenko SN. Selection and formation of selection groups in pedigree flocks of fine wool sheep breeds bred in the Stavropol territory. Agricultural Journal. 2024;17(1):101-108. (In Russ.)]. doi: 10.48612/FARC/2687-1254/010.1.17.2024
5. Иванникова А.В., Соловьева А.Д., Денискова Т.Е. Характеристика аллелофонда овец южной мясной породы с использованием микросателлитных маркеров // Генетика и разведение животных. 2023. № 4. С. 80-85. [Ivannikova A, Solovieva A, Deniskova T. Characteristic of allele pool of sheep of the southern meat breed using microsatellite markers. Genetics and Breeding of Animals. 2023;4:80-85. (In Russ.)]. doi: 10.31043/2410-2733-2023-4-80-85
6. Изменчивость микросателлитов в породах овец, разводимых в России / Т.Е. Денискова, М.И. Селионова, Е.А. Гладырь, А.В. Доцев, Г.Т. Бобрышова, О.В. Костюнина, Г. Брем, Н.А. Зиновьева // Сельскохозяйственная биология. 2016б. Т. 51. № 6. С. 801-810. [Deniskova TE, Selionova MI, Gladyr' EA, Docev AV, Bobryshova GT, Kostyunina OV, Brem G, Zinovieva NA. Variability of microsatellites in sheep breeds raced in Russia. Sel'skokhozyaistvennaya Biologiya [Agricultural Biology]. 2016b;51(6):801-810. (In Russ.)]. doi: 10.15389/agrobiology.2016.6.801rus doi: 10.15389/agrobiology.2016.6.801eng

7. Изучение генетической структуры крупного рогатого скота герефордской породы с применением микросателлитных маркеров / Е.Г. Насамбаев, И.С. Бейшова, Т.В. Ульянова, С.А. Черняева // *Ғылым және білім*. 2023. №. 2-1(71). С. 74-82. [Nasambaev E, Beishova IS, Ulyanova TV, Chernyayeva SA. Study of the genetic structure of hereford cattle using microsatellite markers. *Science and Education*. 2023;2-1(71):74-82. (*In Russ.*)]. doi: 10.52578/2305-9397-2023-2-1-74-82
8. Колпаков В.И. Влияние некоторых полиморфных генов на мясную продуктивность и качество мяса у крупного рогатого скота (обзор) // *Животноводство и кормопроизводство*. 2020. Т. 103. № 4. С. 47-64. [Kolpakov VI. Influence of some polymorphic genes on meat productivity and meat quality of cattle (review). *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2020;103(4):47-64. (*In Russ.*)]. doi: 10.33284/2658-3135-103-4-47
9. Лушников В.П., Молчанов А.В., Ерофеев Д.В. Шерстная продуктивность и качество шерсти молодняка овец нового типа кавказской породы // *Аграрный научный журнал*. 2019. №. 12. С. 61-63. [Lushnikov VP, Molchanov AV, Erofeev DV. Wool productivity and quality of young sheep of a new type of caucasian breed. *The Agrarian Scientific Journal*. 2019;12:61-63. (*In Russ.*)]. doi: 10.28983/asj.y2019i12pp61-63
10. Оценка разнообразия генофонда мелкого рогатого скота / Л.Г. Моисейкина, А.В. Убушиева, Н.В. Чимидова, В.С. Убушиева, Д.С. Вудвуд // *Сельское хозяйство и экосистемы в современном мире: региональные и межстрановые исследования*. 2022. Т. 1. № 2. С. 44-50. [Moiseikina LG, Ubushieva AV, Chimidova NV, Ubushieva VS, Woodward DS. Assessment of the diversity of the gene pool of small cattle. *The Agriculture and Ecosystems in Modern World: Regional and Inter countries' research*. 2022;1(2):44-50. (*In Russ.*)]. doi: 10.53315/2949-1231-2022-1-2-44-50
11. Оценка степени дифференциации эдильбаевской и калмыцкой породы овец по микросателлитам / Е.А. Гладырь, Н.А. Зиновьева, Н.В. Чимидова, Л.Г. Моисейкина, Е.П. Кудина, Л.К. Эрнст, Г. Брем // *Достижения науки и техники АПК*. 2013. № 3. С. 68-70. [Gladyr' EA, Zinov'eva NA, Chimidova NV, Moisejkina LG, Kudina EP, Ernst LK, Brem G. Assessment of differentiation degree of edilbay and kalmyk sheep breeds on microsatellites. *Achievements of Science and Technology in Agro-Industrial Complex*. 2013;3:68-70. (*In Russ.*)].
12. Полиморфизм микросателлитных локусов OarCP549, CSRD247, FCB20 и MAF65 у овец / Н.В. Широкова, Л.В. Гетманцева, Ю.А. Колосов, Н.Ф. Бакоев, Т.Е. Денискова, С.Ю. Бакоев, В.В. Волкова, Т.С. Романец // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2017. № 5(60). С. 57-62. [Shirokova NV, Getmantseva LV, Kolosov YuA, Bakoev NF, Deniskova TE, Bakoev SYu, Volkova VV, Romanets TS. Polymorphism of microsatellite loci OarCP549, CSRD247, FCB20 and MAF65 in sheep. *Agricultural Science Euro-North-East*. 2017;5(60):57-62. (*In Russ.*)].
13. Породы овец, разводимые в Ставропольском крае, и их племенная база / С.А. Хатаев, Л.Н. Григорян, Н.Г. Степанова, Г.Т. Бобрышова // *Сельскохозяйственный журнал*. 2018. № 1(11). С. 66-72. [Hataev SA, Grigoryan LN, Stepanova NG, Bobryshova GT. The breeds of sheep bred in the Stavropol territory, and their breeding base. *Agricultural Journal*. 2018;1(11):66-72. (*In Russ.*)]. doi: 10.25930/0372-3054-2018-1-11-76-85
14. Сафонова Н.С. Полиморфизм генов соматотропина и лептина у овец северокавказской мясошерстной породы // *Вестник Ошского государственного университета*. 2021. №. 1-2. С. 430-437. [Safonova NS. Polymorphism of somatotropin and leptin genes in sheep of the north Caucasian meat and wool breed. *Bulletin of Osh State University*. 2021;1-2:430-437. (*In Russ.*)]. doi: 10.52754/16947452_2021_1_2_430
15. Селионова М.И., Лушихина Е.М., Чижова Л.Н. Особенности микросателлитного профиля овец, разводимых в условиях Кыргызстана // *Сельскохозяйственный журнал*. 2018. № 1(11). С. 84-90. [Selionova MI, Lushchikhina EM, Chizhova LN. Features of microsatellite profile in sheep bred in the conditions of Kyrgyz Republic. *Agricultural Journal*. 2018;1(11):84-90. (*In Russ.*)]. doi: 10.25930/0372-3054-2018-1-11-98-106
16. Харзинова В.Р., Зиновьева Н.А. Паттерн генетического разнообразия у локальных и коммерческих пород свиней на основе анализа микросателлитов // *Вавиловский журнал генетики и*

- селекции. 2020. Т. 24. № 7. С. 747-754. [Kharzinova VR, Zinovieva NA. The pattern of genetic diversity of different breeds of pigs based on microsatellite analysis. Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2020;24(7):747-754. (*In Russ.*)]. doi: 10.18699/VJ20.669
17. Чебуранова Е.С. Межпородная дифференциация овец, разводимых в Республике Беларусь по STR-локусам // Животноводство и ветеринарная медицина. 2021. № 3. С. 26-30. [Cheburanova ES. Inter-breed differentiation of sheep bred in the Republic of Belarus according to STR-loci. Animal Agriculture and Veterinary Medicine. 2021;3:26-30. (*In Russ.*)].
 18. Al-Atiyat RM, Aljumaah RS, Alshaikh MA, Abudabos AM. Microsatellite-based genetic structure and diversity of local Arabian sheep breeds. *Frontiers in Genetics*. 2018;9:408. doi: 10.3389/fgene.2018.00408
 19. Chesnokov YV, Kosolapov VM, Savchenko IV. Morphological genetic markers in plants. *Russian Journal of Genetics*. 2020;56:1406-1415. doi: 10.1134/S1022795420120042
 20. Dudu A, Popa GO, Ghiță E, Pelmuș R, Lazăr C, Costache M, Georgescu SE. Assessment of genetic diversity in main local sheep breeds from Romania using microsatellite markers. *Archives Animal Breeding*. 2020;63(1):53-59. doi: 10.5194/aab-63-53-2020
 21. Hoban S, Archer FI, Bertola LD, Bragg JG, Breed MF, Bruford MW, Hunter ME, et al. Global genetic diversity status and trends: towards a suite of Essential Biodiversity Variables (EBVs) for genetic composition. *Biological Reviews*. 2022;97(4):1511-1538. doi: 10.1111/brv.12852
 22. Vajed Ebrahimi MT, Mohammadabadi M, Esmailzadeh A. Using microsatellite markers to analyze genetic diversity in 14 sheep types in Iran. *Archives Animal Breeding*. 2017;60(3):183-189. doi: 10.5194/aab-60-183-2017
 23. Yousif AN, Abdullah SM, Shaker AS, Ameen QA, Mohammed MS, Muhammad SJ, Aziz CR. Genetic diversity assessment of some Iraqi Sheep breeds using micro satellite DNA markers. *Tikrit Journal for Agricultural Sciences*. 2023;23(3):41-50. doi: 10.25130/tjas.23.3.5

References

1. Ozerov MYu, Tapio M, Kantanen J, Marzanova SN, Koreckaya EA, Lushnikov VP, Marzanov NS. Genetic factors affecting genetic variance in coarse-wool sheep. *Russian Agricultural Science*. 2019;6:40-44. doi: 10.31857/S2500-26272019640-44
2. Deniskova TE, Gladyr' EA, Zinov'eva NA. Characteristics of some Russian sheep breeds using microsatellite markers. *Current Problems of the Humanities and Natural Sciences*. 2016a;9-1:24-29.
3. Deniskova TE, Solov'eva AD, Kostjunina OV, Zinov'eva NA. Dynamics of the allele pool of Romanov breed sheep based on microsatellite analysis. *Sheep, Goats, Wool Business*. 2017;3:5-6.
4. Efimova NI, Shumaenko SN. Selection and formation of selection groups in pedigree flocks of fine wool sheep breeds bred in the Stavropol territory. *Agricultural Journal*. 2024;17(1):101-108. doi: 10.48612/FARC/2687-1254/010.1.17.2024
5. Ivannikova A, Solovieva A, Deniskova T. Characteristic of allele pool of sheep of the southern meat breed using microsatellite markers. *Genetics and Breeding of Animals*. 2023;4:80-85. doi: 10.31043/2410-2733-2023-4-80-85
6. Deniskova TE, Selionova MI, Gladyr' EA, Docev AV, Bobryshova GT, Kostyunina OV, Brem G, Zinovieva NA. Variability of microsatellites in sheep breeds raced in Russia. *Sel'skokhozyaistvennaya Biologiya [Agricultural Biology]*. 2016b;51(6):801-810. doi: 10.15389/agrobiology.2016b.6.801eng
7. Nasambaev E, Beishova IS, Ulyanova TV, Chernyayeva SA. Study of the genetic structure of hereford cattle using microsatellite markers. *Science and Education*. 2023;2-1(71):74-82. doi: 10.52578/2305-9397-2023-2-1-74-82
8. Kolpakov VI. Influence of some polymorphic genes on meat productivity and meat quality of cattle (review). *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2020;103(4):47-64. doi: 10.33284/2658-3135-103-4-47
9. Lushnikov VP, Molchanov AV, Erofeev DV. Wool productivity and quality of young sheep of a new type of caucasian breed. *The Agrarian Scientific Journal*. 2019;12:61-63. doi: 10.28983/asj.y2019i12pp61-63

10. Moiseikina LG, Ubushieva AV, Chimidova NV, Ubushieva VS, Woodwood DS. Assessment of the diversity of the gene pool of small cattle. The Agriculture and Ecosystems in Modern World: Regional and Inter countries' research. 2022;1(2):44-50. doi: 10.53315/2949-1231-2022-1-2-44-50
11. Gladyr' EA, Zinov'eva NA, Chimidova NV, Moisejkina LG, Kudina EP, Ernst LK, Brem G. Assessment of differentiation degree of edilbay and kalmyk sheep breeds on microsatellites. Achievements of Science and Technology in Agro-Industrial Complex. 2013;3:68-70.
12. Shirokova NV, Getmantseva LV, Kolosov YuA, Bakoev NF, Deniskova TE, Bakoev SYu, Volkova VV, Romanets TS. Polymorphism of microsatellite loci OarCP549, CSRD247, FCB20 and MAF65 in sheep. Agricultural Science Euro-North-East. 2017;5(60):57-62.
13. Hatataev SA, Grigoryan LN, Stepanova NG, Bobryshova GT. The breeds of sheep bred in the Stavropol territory, and their breeding base. Agricultural Journal. 2018;1(11):66-72. doi: 10.25930/0372-3054-2018-1-11-76-85
14. Safonova NS. Polymorphism of somatotropin and leptin genes in sheep of the north caucasian meat and wool breed. Bulletin of Osh State University. 2021;1-2:430-437. doi: 10.52754/16947452_2021_1_2_430
15. Selionova MI, Lushchikhina EM, Chizhova LN. Features of microsatellite profile in sheep bred in the conditions of Kyrgyz Republic. Agricultural Journal. 2018;1(11):84-90. doi: 10.25930/0372-3054-2018-1-11-98-106
16. Kharzinova VR, Zinovieva NA. The pattern of genetic diversity of different breeds of pigs based on microsatellite analysis. Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2020;24(7):747-754. doi: 10.18699/VJ20.669
17. Cheburanova ES. Inter-breed differentiation of sheep bred in the Republic of Belarus according to STR-loci. Animal Agriculture and Veterinary Medicine. 2021;3:26-30.
18. Al-Atiyat RM, Aljumaah RS, Alshaikh MA, Abudabos AM. Microsatellite-based genetic structure and diversity of local Arabian sheep breeds. Frontiers in Genetics. 2018;9:408. doi: 10.3389/fgene.2018.00408
19. Chesnokov YV, Kosolapov VM, Savchenko IV. Morphological genetic markers in plants. Russian Journal of Genetics. 2020;56:1406-1415. doi: 10.1134/S1022795420120042
20. Dudu A, Popa GO, Ghiță E, Pelmuș R, Lazăr C, Costache M, Georgescu SE. Assessment of genetic diversity in main local sheep breeds from Romania using microsatellite markers. Archives Animal Breeding. 2020;63(1):53-59. doi: 10.5194/aab-63-53-2020
21. Hoban S, Archer FI, Bertola LD, Bragg JG, Breed MF, Bruford MW, Hunter ME, et al. Global genetic diversity status and trends: towards a suite of Essential Biodiversity Variables (EBVs) for genetic composition. Biological Reviews. 2022;97(4):1511-1538. doi: 10.1111/brv.12852
22. Vajed Ebrahimi MT, Mohammadabadi M, Esmailzadeh A. Using microsatellite markers to analyze genetic diversity in 14 sheep types in Iran. Archives Animal Breeding. 2017;60(3):183-189. doi: 10.5194/aab-60-183-2017
23. Yousif AN, Abdullah SM, Shaker AS, Ameen QA, Mohammed MS, Muhammad SJ, Aziz CR. Genetic diversity assessment of some Iraqi Sheep breeds using micro satellite DNA markers. Tikrit Journal for Agricultural Sciences. 2023;23(3):41-50. doi: 10.25130/tjas.23.3.5

Информация об авторах:

Александр Юрьевич Криворучко, доктор биологических наук, главный научный сотрудник отдела генетики и биотехнологии, Северо-Кавказский Федеральный научный аграрный центр, 356241, г. Михайловск, ул. Никонова, 49, Ставропольский край, Российская Федерация; профессор, Северо-Кавказский федеральный университет, 355000, г. Ставрополь, ул. Кулакова 2, тел.: +79188814327.

Антонина Владимировна Скокова, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник отдела генетики и биотехнологии, Северо-Кавказский Федеральный научный аграрный центр, 356241, г. Михайловск, ул. Никонова, 49, Ставропольский край, тел.: +79627404231.

Лариса Николаевна Скорых, доктор биологических наук, доцент, главный научный сотрудник отдела генетики и биотехнологии, Северо-Кавказский Федеральный научный аграрный центр, 356241, г. Михайловск, ул. Никонова, 49, Ставропольский край, тел.: 8(8652)71-81-55.

Анастасия Александровна Каниболоцкая, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник отдела генетики и биотехнологии, Северо-Кавказский Федеральный научный аграрный центр, 356241, г. Михайловск, ул. Никонова, 49, Ставропольский край, тел.: +7 9614569925.

Ольга Николаевна Криворучко, аспирант отдела генетики и биотехнологии, Северо-Кавказский Федеральный научный аграрный центр, 356241, г. Михайловск, ул. Никонова, 49, Ставропольский край.

Information about the authors:

Alexander Yu Krivoruchko, Dr. Sci. (Biology), Chief Researcher of the Department of Genetics and Biotechnology, North Caucasian Federal Scientific Agrarian Center, 49 Nikonov str., Mikhailovsk, Stavropol Territory, Russian Federation, 356241; Professor of the North Caucasus Caucasian Federal University, Kulakova str. 2, Stavropol, 355000, tel.: +79188814327.

Antonina V Skokova, Cand. Sci. (Biology), Senior Researcher at the Department of Genetics and Biotechnology, North Caucasus Federal Scientific Agrarian Center, 49 Nikonov str., Mikhailovsk, Stavropol Territory, 356241, tel.: +79627404231.

Larisa N Skorykh, Dr. Sci. (Biology), Associate Professor, Chief Researcher of the Department of Genetics and Biotechnology, North Caucasus Federal Scientific Agrarian Center, 49 Nikonov str., Mikhailovsk, Stavropol Territory, 356241, tel.: 8(8652)71-81-55.

Anastasia A Kanibolotskaya, Cand. Sci. (Biology), Senior Researcher at the Department of Genetics and Biotechnology, North Caucasus Federal Scientific Agrarian Center, 49 Nikonov str., Mikhailovsk, Stavropol Territory, 356241, tel.: +7 9614569925.

Olga N Krivoruchko, Postgraduate student of the Department of Genetics and Biotechnology, North Caucasus Federal Scientific Agrarian Center, 49 Nikonov str., Mikhailovsk, Stavropol Territory, 356241.

Статья поступила в редакцию 05.04.2024; одобрена после рецензирования 26.04.2024; принята к публикации 10.06.2024.

The article was submitted 05.04.2024; approved after reviewing 26.04.2024; accepted for publication 10.06.2024.

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА, КАЧЕСТВО ПРОДУКЦИИ И ЭКОНОМИКА В ЖИВОТНОВОДСТВЕ

Научная статья

УДК 636.033

doi:10.33284/2658-3135-107-2-85

**Эффективность скрещивания коров симментальской породы
с быками мясных пород**

**Иван Фёдорович Горлов¹, Марина Ивановна Сложенкина², Екатерина Владимировна Карпенко³,
Дарья Александровна Мосолова⁴, Ольга Павловна Шахбазова⁵, Расим Гасанович Раджабов⁶**

^{1,2,3,4}Поволжский НИИ производства и переработки мясомолочной продукции, г. Волгоград, Россия

^{5,6}Донской государственный аграрный университет, посёлок Персиановский, Ростовская область, Россия

¹niimmp@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8683-8159>

²slozenkina@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9542-5893>

³niimmp@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3643-6431>

⁴niimmp@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5579-6726>

⁵oldeler@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9810-0162>

⁶rasim.rg@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8913-3501>

Аннотация. Целью исследований явилось изучение влияния генотипа на рост и развитие чистопородных и помесных бычков и экономическую эффективность производства говядины. Были сформированы четыре группы новорождённых бычков: I – чистопородные симментальской породы (контрольная), II – помеси салерс×симментальская, III – помеси шароле×симментальская, IV – помеси казахская белоголовая×симментальская. Установлено, что наибольший среднесуточный прирост с рождения до 6-месячного возраста отмечался у бычков III группы и составлял 1177,2 г, что на 23,0 % выше, чем у помесных бычков IV группы, от 6 до 10 месяцев такой прирост составил 1008,3 г, а к концу опыта – 1100,9 г. Результаты контрольного убоя показали, что наиболее тяжеловесные туши получены от бычков III группы, что выше, чем у сверстников из I группы по предубойной массе на 25,7 %, массе туши – на 28,0 %, убойной массе – на 27,4 % и убойном выходе – на 1,4 %. Оценивая экономическую эффективность внедрения промышленного скрещивания, установлено, что бычки III группы показали самый высокий уровень рентабельности (48,62 %), превышая контрольную группу на 31,29 процентных пункта. А помесные животные II и III групп превосходили своих сверстников I группы на 5,1 и 22,41 %. Результаты проведённых исследований подтверждают эффективность использования промышленного скрещивания для повышения производственных показателей в животноводстве.

Ключевые слова: скотоводство, генотип, промышленное скрещивание, помесные животные, гибридизация, продуктивность, экономическая эффективность

Благодарности: работа выполнена в соответствии с планом НИР на 2022-2024 гг. ФГБНУ «Поволжский НИИ производства и переработки мясомолочной продукции» (№ 1021051101432-7).

Для цитирования: Эффективность скрещивания коров симментальской породы с быками мясных пород / И.Ф. Горлов, М.И. Сложенкина, Е.В. Карпенко, Д.А. Мосолова, О.П. Шахбазова, Р.Г. Раджабов // Животноводство и кормопроизводство. 2024. Т. 107, № 2. С. 85-95. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-107-2-85>

The effectiveness of crossing Simmental cows and beef bulls

Ivan F Gorlov¹, Marina I Slozhenkina², Ekaterina V Karpenko³, Daria A Mosolova⁴,

Olga P Shakhbazova⁵, Rasim G Radzhabov⁶

^{1,2,3,4}Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-And-Milk Production, Volgograd, Russia

^{5,6}Don State Agrarian University, Persianovskiy settlement, Rostov region, Russia

¹niimmp@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8683-8159>

²slozhenkina@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9542-5893>

³niimmp@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3643-6431>

⁴niimmp@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5579-6726>

⁵oldeler@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9810-0162>

⁶rasim.rg@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8913-3501>

Abstract. The purpose of the research was to study the influence of genotype on growth and development of purebred and crossbred bulls and the economic efficiency of beef production. Newborn bulls were split into 4 groups: I - purebred Simmental breed (control), II - Salers × Simmental crosses, III - Charolais × Simmental crosses, IV - Kazakh white-headed × Simmental crosses. It was found that the greatest average daily weight gain from birth to 6 months of age was observed in bulls of group III and amounted to 1177.2 g, which is 23.0% higher than in crossbred bulls of group IV; from 6 to 10 months such an increase was 1008.3 g, and by the end of the experiment - 1100.9 g. The results of the control slaughter showed that the heaviest carcasses were obtained from bulls of group III, which is higher than that of peers from group I in terms of pre-slaughter weight by 25.7%, carcass weight by 28.0%, slaughter weight by 27.4% and slaughter yield by 1.4%. Assessing the economic efficiency of introducing industrial crossing, it was found that group III bulls showed the highest level of profitability (48.62%), exceeding the control group by 31.29 percentage points. And crossbred animals of groups II and III were superior to their peers of group I by 5.1 and 22.41%. The results of the research confirm the effectiveness of using industrial crossing to improve production performance in livestock breeding.

Keywords: cattle breeding, genotype, industrial crossing, crossbred animals, hybridization, productivity, economic efficiency

Acknowledgments: the work was performed in accordance to the plan of research works for 2022-2024 Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-And-Milk Production (No. 1021051101432-7).

For citation: Gorlov IF, Slozhenkina MI, Karpenko EV, Mosolova DA, Shakhbazova OP, Radzhabov RG. The effectiveness of crossing Simmental cows and beef bulls. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2024;107(2):85-95. (In Russ.). <https://doi.org/10.33284/2658-3135-107-2-85>

Введение.

Скотоводство является важной отраслью сельского хозяйства, способствующей экономическому развитию страны. Оно обеспечивает рабочие места для большого количества людей, особенно в сельских районах, и вносит значительный вклад в валовой внутренний продукт страны. Развитое скотоводство позволяет стране обеспечивать население качественной мясной продукцией. Это важно для здоровья нации, поскольку мясо является основным источником животного белка (Амерханов Х.А. и др., 2019; Литвина Н.В., 2019).

В решении проблемы обеспечения населения продуктами питания колоссальную роль играет промышленное скрещивание, используемое в скотоводстве. Промышленное скрещивание – это процесс специально организованного скрещивания животных с целью получения потомства с определёнными желаемыми характеристиками или свойствами.

Промышленное скрещивание между молочными и мясными породами способствует расширению генетического разнообразия в популяции скота, что в свою очередь может улучшить адаптацию к изменяющимся условиям среды и повысить устойчивость к болезням и стрессам (Горлов И.Ф. и др., 2023а; 2023б). Таким образом, использование промышленного скрещивания может быть эффективным инструментом для увеличения производства животноводческой продукции, а также для повышения экономической эффективности скотоводства (Горлов И.Ф. и др., 2019; Горлов И.Ф. и др., 2021; Басонов О.А. и Асадчий А.А., 2020; Отаров А.И. и др., 2023; Slozhenkina MI et al., 2020).

В наших исследованиях использовался скот симментальской породы – одной из наиболее распространённых и популярных в мире. Он отличается крепкой конституцией, пропорциональным телосложением и крупным размером (высота в холке – до 135-140 см, живая масса быков – 900-1200 кг, коров – 550-650 кг). Кроме молочной продуктивности, симментальская порода также хорошо зарекомендовала себя при производстве говядины. Симментальские быки известны своей высокой мясной продуктивностью и качеством мяса. Они характеризуются хорошей конверсией кормов в мясо и быстрым приростом массы. Несмотря на положительные характеристики этой породы, необходимо отметить и недостатки, такие как плохо выполненная (обмускуленная) задняя треть и толстоволокнистое мясо (Прохоров И.П. и др., 2019; Шахмурзов М.М. и др., 2022). Этих недостатков лишены специализированные мясные породы, такие как салерс, шароле и казахская белоголовая.

Салерс – мясная порода крупного рогатого скота, выведена во Франции, в горной деревне Салерс в середине XIX века. Животные характеризуются компактным телосложением, крепкими костями и развитой мускулатурой. Салерская порода известна своей высокой продуктивностью и превосходным качеством мяса. Коровы и быки этой породы не прихотливы к условиям кормления и содержания, молодняк отличается высокой скоростью роста при среднесуточных приростах живой массы 900-1100 г, что делает животных этой породы популярной для коммерческого мясного скотоводства.

Шароле – мясная порода крупного рогатого скота, происходящая из Франции. Она отличается мощным и массивным телосложением, хорошо развитой мускулатурой. Порода шароле известна своей высокой продуктивностью, особенно в производстве мяса с отличными вкусовыми характеристиками. При содержании и разведении – спокойная, с дружелюбной натурой, что делает её популярной среди скотоводов (Забашта Н.Н. и др., 2021).

Казахская белоголовая порода скота – мясная порода крупного рогатого скота, выведенная совместно в Казахской ССР и РСФСР в середине XX века. Она приспособлена к суровым климатическим условиям и экстремальным температурам, свойственным для степных районов. Скот обладает хорошей конверсией кормов в мясо и способен быстро набирать массу. Говядина, полученная от этих животных, отличается высоким качеством и хорошими вкусовыми характеристиками (Ковальчук А.М., 2021; Насамбаев Е.Г. и др., 2020).

В связи с широким производственным запросом в разработке новых селекционных приёмов по наращиванию объёмов производства качественной и конкурентоспособной говядины нами был проведён опыт по скрещиванию симментальских коров с быками мясных пород шароле, салерс и казахской белоголовой.

Цель исследований.

Изучить влияние генотипа на рост и развитие чистопородных и помесных бычков (помеси симментальских коров с быками салерс, шароле и казахской белоголовой породы) и определить экономическую эффективность производства говядины.

Материалы и методы исследований.

Объект исследования. Коровы симментальской породы, быки: салерс, шароле и казахской белоголовой, помеси: симментальская×салерс, симментальская×шароле, симментальская×казахская белоголовая.

Обслуживание животных и экспериментальные исследования были выполнены в соответствии с инструкциями и рекомендациями нормативных актов: Модельный закон Межпарламентской Ассамблеи государств-участников Содружества Независимых Государств "Об обращении с животными", ст. 20 (постановление МА государств-участников СНГ № 29-17 от 31.10.2007 г.). При проведении исследований были предприняты меры для обеспечения минимума страданий животных и уменьшения количества исследуемых опытных образцов.

Схема эксперимента. В условиях АО «Бердиевский элеватор Агро» Иловлинского района Волгоградской области в 2022-2023 гг. нами были изучены закономерности роста и развития животных разных генотипов за период с рождения до 15-месячного возраста. Для этого сформировали 4 группы бычков по 10 голов в каждой: I – бычки симментальской породы (контрольная) и опытные: II – помеси симментальская×салерс, III – помеси симментальская×шароле, IV – помеси симментальская×казахская белоголовая.

Подопытные бычки содержались в помещениях отдельно по группам на глубокой соломенной подстилке и имели свободный выход на выгульно-кормовые площадки. Кормление молодняка осуществлялось по нормам ВИЖа с получением среднесуточного прироста живой массы 1000 г и более. В конце откорма в 15-месячном возрасте провели контрольный убой бычков на мясокомбинате ЗАО «Агро-Инвест» (г. Волгоград) по 3 головы из каждой группы по методике ВИЖ, ВНИИМП.

Экономическую эффективность рассчитывали по общепринятой методике. Для определения экономической оценки производства отдельных видов продукции использовали натуральные и стоимостные показатели.

Оборудование и технические средства. В хозяйстве учёт живой массы подопытных животных производили на животноводческих платформенных электронных весах ВСП4-ЖСО (ГК «Невские Весы», Россия). Для взвешивания животных на мясокомбинате использовали стационарные весы "Классик" (ООО «БалтАгроСнаб СПб», Россия). Оглушение подопытного поголовья производили в боксе ПС-010 (машиностроительный завод Полипром, Россия), для разделки туш крупного рогатого скота на полутуши производили на установке типа В2-ФСП-4 (ООО «Мясная инженерия», Россия). Взвешивание полутуш осуществлялось на монорельсовых весах ВМ со специальным преобразователем ТВ-003/05Н (Весоизмерительная компания «ТЕНЗО-М», Россия). Для последующей разделки полутуш использовали установку для распиливания («ЕФА», Германия).

Статистическая обработка. Полученный цифровой материал обработан методами вариационной статистики с помощью офисного программного комплекса «Microsoft Office» («Microsoft», США) и применением программы «Excel» («Microsoft», США). Степень достоверности обработанных данных отражена соответствующими обозначениями: * – $P < 0,05$; ** – $P < 0,01$; *** – $P < 0,001$.

Результаты исследований.

Проведённые исследования показали, что молодняк разных генотипов отличался по живой массе. При рождении помесные бычки II группы имели наименьшую живую массу – 26,2 кг, что на 20,84 % меньше, чем у чистопородных симменталов, а молодняк III группы имел максимальную массу, что на 15,11 % больше ($P \leq 0,05$), чем бычки I группы (табл. 1).

Бычки II группы в возрасте 6 месяцев имели живую массу в среднем 232,5 кг, что на 17,5 % больше ($P \leq 0,001$), чем бычки I группы, и на 12,2 % больше, чем помесный молодняк IV группы.

При этом в 15 месяцев помесные бычки III группы имели наибольшую живую массу – 533,5 кг, что на 25,8 % больше, чем бычки I группы, и на 20,4 % больше, чем помесные бычки IV группы ($P \leq 0,001$). Помесные бычки II и III групп имели более высокую живую массу по сравнению с бычками I группы и помесными бычками IV группы в возрасте от 6 до 15 месяцев.

В результате сравнения опытных групп между собой и с контрольной группой можно отметить, что на протяжении всего периода наблюдений опытные группы II и III демонстрировали существенно более высокий прирост живой массы по сравнению с контрольной группой.

Таблица 1. Динамика роста бычков разных генотипов, кг
Table 1. Growth dynamics of bulls of different genotypes, kg

Возраст, мес./ Age, months	Живая масса бычков / Live weight of bulls			
	группа / Group			
	I	II	III	IV
При рождении / Newborn	33,1±1,1	26,2±1,0	38,1±0,9*	35,0±0,8
6	197,8±2,9	232,5±1,4***	250,0±1,7***	207,2±1,7*
10	293,0±3,4	344,0±2,1***	371,0±2,4***	306,0±2,6*
12	343,9±2,9	405,0±3,5***	433,9±3,1***	359,1±3,2*
13	368,5±3,9	430,0±3,4***	465,0±3,7***	385,0±3,8
14	395,5±4,6	461,0±4,4***	498,0±4,8***	413,0±2,8
15	424,2±4,7	492,0±4,5***	533,5±5,4***	443,1±3,6

При сравнении опытных животных с чистопородными можно обратить внимание на относительные различия в среднесуточном приросте живой массы бычков на различных возрастных интервалах. Помесные бычки (II, III, IV) росли быстрее, чем чистопородные, в течение всего исследуемого периода. Максимальная скорость роста наблюдалась в период от 6 до 10 месяцев.

Таким образом, результаты анализа позволяют сделать вывод о потенциальной эффективности использования мясных пород в скрещивании для улучшения показателей роста и развития бычков. Это, очевидно, связано с гибридизацией, которая положительно сказалась на более высокой скорости роста и развития подопытного поголовья. Помесные бычки (II, III, IV) унаследовали от своих родителей гены, способствующие более интенсивному росту. Гетерозиготность, обусловленная скрещиванием разных пород, по нашему мнению, могла также играть роль в увеличении живой массы. Данные среднесуточного прироста подопытных бычков представлены в таблице 2.

Таблица 2. Среднесуточный прирост подопытных бычков, г
Table 2. Average daily weight gain of experimental bulls, g

Возраст, мес./ Age, months	Группа / Group			
	I	II	III	IV
С рождения до 6 мес. / From birth to 6 months	915,0±12,9	1146,1±15,1***	1177,2±17,2***	956,7±13,9
6-10 мес. / 6-10 months	793,3±7,3	929,2±9,8***	1008,3±8,1***	823,3±4,1**
С рождения до 15 мес. / From birth to 15 months	869,1±18,9	1035,1±15,5***	1100,9±19,5***	906,9±18,7

Анализируя таблицу 2, можно сделать выводы, что в возрасте от рождения до 6 месяцев помесные бычки III группы имели наибольший среднесуточный прирост – 1177,2 г, что на 28,7 % больше ($P \leq 0,05$), чем у бычков I группы, и на 23,0 % больше, чем у помесных бычков IV группы. В возрасте от 6 до 10 месяцев помесные бычки III группы также имели наибольший среднесуточный прирост – 1008,3 г, что на 27,1 % больше, чем у бычков I группы, и на 22,5 % больше ($P \leq 0,05$), чем у помесных бычков IV группы.

Такая же тенденция наблюдается к концу опыта, помесные бычки III группы имели наибольший среднесуточный прирост – 1100,9 г, что на 27,8 % больше, чем у бычков I группы, и на 21,4 % больше ($P \leq 0,01$), чем у помесных бычков IV группы.

За весь период опыта наибольший среднесуточный прирост наблюдался у бычков III группы, что на 6,3 % больше, чем у бычков II группы. По сравнению с контрольной группой животные II и III групп также показывали более высокий среднесуточный прирост. Животные II и III групп показали больший привес по сравнению с бычками IV группы на 14,1 % и 21,4 % ($P \leq 0,001$) соответственно.

Исходя из этих результатов, можно заключить, что скрещивание симментальских коров с бычками таких пород, как салерс, шароле и казахская белоголовая может быть более эффективным для увеличения среднесуточного прироста бычков.

Данные контрольного убоя подопытных бычков представлены в таблице 3.

Таблица 3. Результаты контрольного убоя подопытных бычков
Table 3. Results of the control slaughter of experimental bulls

Показатель/Indicator	Группа/Group			
	I	II	III	IV
Предубойная масса, кг / Pre-slaughter weight, kg	416,1±13,4	482,1±14,2**	523,0±19,7**	435,0±12,1
Масса туши, кг / Carcass weight, kg	232,0±11,2	272,0±12,2*	297,0±12,2**	243,9±11,8
Выход туши, % / Carcass yield, %	55,8±1,6	56,4±2,3	56,8±3,6	56,1±2,5
Масса внутреннего жира, кг / Weigh of internal fat, kg	10,6±0,3	12,3±0,8	13,1±0,4***	11,1±0,8
Выход внутреннего жира, % / The yield of internal fat, %	2,6±0,1	2,5±0,1	2,5±0,1	2,5±0,2
Убойная масса, кг / Slaughter weight, kg	242,6±10,9	284,3±9,2*	310,1±12,2**	255,0±11,1
Убойный выход, % / Slaughter yield, %	58,3±0,9	58,9±0,9	59,3±0,9	58,2±0,8

Анализ представленных данных выявил, что животные III группы показали значительные увеличения этих параметров по сравнению с бычками I группы: предубойная масса – на 25,7 %, масса туши – на 28,0 %, убойная масса – на 27,4 %, убойный выход – на 1,4 % ($P \leq 0,01$). У животных II группы по сравнению с I группой эти различия также были больше: предубойная масса – на 15,7 % ($P \leq 0,01$), масса туши – на 17,2 % ($P \leq 0,05$), убойная масса – на 17,1 % ($P \leq 0,05$), убойный выход – на 1,0 %.

Проведённый анализ данных позволил сравнить результаты экономической эффективности между опытными и контрольной группами бычков разных генотипов (табл. 4).

Таблица 4. Эффективность внедрения промышленного скрещивания
Table 4. The effectiveness of industrial crossbreeding

Группы животных/ Groups of animals	Абсолютный прирост живой массы за весь период опыта, кг / Absolute increase in live weight over the entire period of the experiment, kg	Производственные затраты, руб. / Production costs, rub.	Себестоимость 1 кг прироста, руб. / Cost of 1 kg of growth, rub.	Выручка от реализации, руб. / Sales revenue, rub.	Прибыль от реализации, руб. / Profit from sales, rub.	Уровень рентабельности, % / Profitability level, %
I Симментальская / I Simmental	391,1	70000	178,98	82131	12131	17,33
II Салерс×симментальская / II Salers×Simmental	465,8	70000	150,28	97818	27818	39,74
III Шароле×симментальская / III Charolais×Simmental	495,4	70000	141,30	104034	34034	48,62
IV Казахская белоголовая×симментальская / IV Kazakh-white headed×Simmental	408,1	70000	171,53	85701	15701	22,43

По нашим исследованиям, наибольший абсолютный прирост живой массы за весь период опыта был у животных III группы (495,4 кг), за ней следуют бычки II группы с приростом 465,8 кг, а животные I и IV групп показывают более низкие значения прироста – 391,1 кг и 408,1 кг соответственно. По всем группам животных производственные затраты были одинаковыми и составили 70000 рублей, т. к. они находились в одинаковых условиях кормления и содержания.

Выручка от реализации продукции, полученной от бычков опытных групп, была более высокой по сравнению с контрольной группой. Так, от реализации бычков III группы была получена выручка в размере 104034,0 рублей, поскольку у этих животных отмечался наибольший абсолютный прирост за весь период откорма, что на 21903 рублей больше, чем от животных I группы. Молодняк II группы также показал хорошие результаты, при этом выручка от его реализации достигла 97818,0 рублей. Сумма от реализации бычков IV группы имела наименьшее значение среди опытных групп животных и составила 85701,0 рублей.

Наконец, рентабельность определяет процент прибыли относительно вложенных затрат. Животные II и III групп снова выделялись на фоне остальных групп с уровнем рентабельности 39,74 % и 48,62 % соответственно. При этом показатели уровня рентабельности выращивания бычков I и IV групп имели самые низкие значения – 17,33 и 22,43 % соответственно.

Установлено, что наиболее низкая себестоимость 1 кг прироста была у животных III группы – 141,3 руб. В то же время молодняк I группы имел наибольшее значение себестоимости единицы продукции – 178,98 руб., т. к. отличался самыми низкими значениями абсолютного прироста за весь период откорма.

Таким образом, анализ показывает, что помесные бычки III группы демонстрируют лучшие результаты по среднесуточному приросту, себестоимости 1 кг прироста живой массы, выручке от реализации, прибыли и рентабельности.

Обсуждение полученных результатов.

Исследование выявило значительное влияние генотипа на рост и развитие бычков. Помимо прямого воздействия генетических факторов, влияющих на физиологические процессы, возможно, что взаимодействие между генами различных пород играет существенную роль в формировании фенотипа.

Скрещивание симментальских коров с быками мясных пород: салерс, шароле, казахская белоголовая позволяет повысить интенсивность роста бычков по такому показателю, как абсолютный прирост живой массы на 23,6, 26,7 и 16,9 % соответственно по сравнению с контрольной группой. Результаты контрольного убоя подопытных бычков показывают, что убойная масса помесных бычков II и III групп значительно выше по сравнению с контрольной группой на 17,0 % и 27,7 % соответственно, в то время как у бычков IV группы этот показатель ниже на 4,9 %. Убойный выход отмечен также выше у животных II и III групп относительно бычков I группы на 0,6 и 1,0 % соответственно, тогда как у помесей IV группы этот показатель ниже на 0,1 %.

Более ранние эксперименты (Горлов И.Ф. и др., 2016; Gorlov IF et al., 2019) также выявили положительное влияние гетерозиса на рост и развитие скота, что согласуется с нашими исследованиями. Промышленное скрещивание коров симментальской породы с быками мясных пород экономически выгодно, так как уровень рентабельности составляет 39,74; 48,62 и 22,43 % соответственно и позволяет повысить производство мяса и экономическую эффективность в животноводстве, что согласуется с ранее проведёнными исследованиями (Косилов В.И. и др., 2022).

Таким образом, наши научные изыскания подтверждают роль генетических факторов в определении характеристик роста и развития бычков, что соответствует результатам предыдущих исследований, но также подчеркивают важность дальнейших работ по данной теме для более полного понимания механизмов, лежащих в основе этих процессов.

Заключение.

Проведённые исследования показали, что на протяжении всего периода наблюдений помесные бычки III опытной группы (симментальская×шароле) демонстрировали существенно более высокие хозяйственно-полезные показатели по сравнению животными других подопытных групп. Это также подтверждает расчёт показателей экономической эффективности промышленного скрещивания.

Полученные результаты подтверждают значимость и целесообразность использования промышленного скрещивания животных разных пород для наращивания объемов производства мяса и повышения экономической эффективности в мясном скотоводстве.

Список источников

1. Амерханов Х.А., Горлов И.Ф., Дунин И.М. Новые отечественные породы – залог надёжного обеспечения населения России продуктами питания животного происхождения // Аграрно-пищевые инновации. 2019. № 1(5). С. 8-13. [Amerkhanov KhA, Gorlov IF, Dunin IM. New domestic breeds – dependence of reliable ensuring the population of Russia by animal origin food products. Agrarian-and-Food Innovations. 2019;1(5):8-13. (In Russ.)]. doi: 10.31208/2618-7353-2019-5-8-13
2. Басонов О.А., Асадчий А.А. Мясная продуктивность и биологические особенности чистопородных и помесных бычков герефордской породы // Зоотехния. 2020. № 10. С. 20-24. [Basonov OA, Asadchiy AA. Meat productivity and biological characteristics of purebred and crossbred youngsters of Hereford breed. Zootechniya. 2020;10:20-24. (In Russ.)]. doi: 10.25708/ZT.2020.29.67.006
3. Биологическая полноценность и физико-химические свойства мышечной ткани чистопородных и помесных бычков / В.И. Косилов, А.В. Харламов, И.А. Бабишева, И.А. Рахимжанова, Р.Ф. Третьякова, Ф.Г. Каюмов // Животноводство и кормопроизводство. 2022. Т. 105. № 4. С. 79-88. [Kosilov VI, Kharlamov AV, Babicheva IA, Rakhimzhanova IA, Tretyakova RF, Kayumov FG. Biological value, physical and chemical properties of muscle tissue of purebred and crossbred bulls. Animal Husbandry and Fodder Production. 2022;105(4):79-88. (In Russ.)]. doi: 10.33284/2658-3135-105-4-79
4. Влияние породной принадлежности бычков на морфологический состав туш и биологическую ценность говядины / И.Ф. Горлов, М.И. Сложенкина, Д.В. Николаев, А.С. Мирошник, Д.А. Мосолова, Е.В. Черников // Молочное и мясное скотоводство. 2023а. № 2. С. 22-25. [Gorlov IF, Slozhenkina MI, Nikolaev DV, Miroshnik AS, Mosolova DA, Chernikov EV. The bulls breed differences impact on the chemical composition and biological value of beef obtained from them. Dairy and Beef Cattle Farming. 2023a;2:22-25. (In Russ.)]. doi: 10.33943/MMS.2023.90.32.005
5. Влияние разных технологий содержания на качественные показатели мяса чистопородных и помесных бычков / А.И. Отаров, Ф.Г. Каюмов, Р.Ф. Третьякова, М.Б. Улимбашев // Животноводство и кормопроизводство. 2023. Т. 106. № 2. С. 52-62. [Otarov AI, Kayumov FG, Tretyakova RF, Ulimbashev MB. The influence of different keeping technologies on meat quality indicators of purebred and crossbred bulls. Animal Husbandry and Fodder Production. 2023;106(2):52-62. (In Russ.)]. doi: 10.33284/2658-3135-106-2-52
6. Влияние типов кормления на продуктивные качества животных казахской белоголовой породы / Е.Г. Насамбаев, А.Б. Ахметалиева, А.Е. Нугманова, А.О. Досжанова, Х.А. Амерханов, И.М. Дунин, Ф.Г. Каюмов // Животноводство и кормопроизводство. 2020. Т. 103. № 4. С. 150-159. [Nasambaev EG, Akhmetalieva AB, Nugmanova AE, Doszhanova AO, Amerkhanov KhA, Dunin IM, Kayumov FG. Influence of feeding types on productive qualities of animals of the Kazakh white-headed breed. Animal Husbandry and Fodder Production. 2020;103(4):150-159. (In Russ.)]. doi: 10.33284/2658-3135-103-4-150
7. Интенсивность роста и мясная продуктивность бычков районированных пород / Горлов И.Ф., Суторма О.А., Мулик А.Б., Кайдулина А.А. // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2016. № 4 (44). С. 171-177. [Gorlov IF, Sutorma OA, Mulik AB, Kaydulina AA. Intensive growth and meat productivity of zoned-breed bulls. Proceedings of lower Volga Agro-university Complex: Science and Higher Education. 2016;4(44):171-177. (In Russ.)].

8. Ковальчук А.М. Генетическое разнообразие казахской белоголовой породы крупного рогатого скота // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2021. № 6(92). С. 283-289. [Kovalchuk AM. Genetic diversity of the Kazakh white-headed cattle breed. Izvestia Orenburg State Agrarian University. 2021;6(92):283-289. (*In Russ.*)]. doi: 10.37670/2073-0853-2021-92-6-283-289
9. Литвина Н.В. Состояние и проблемы развития мясного скотоводства России // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2019. № 6. С. 28-32. [Litvina NV. State and problems of development of beef cattle breeding in Russia. Economy of Agricultural and Processing Enterprises. 2019;6:28-32. (*In Russ.*)]. doi: 10.31442/0235-2494-2019-0-6-28-32
10. Повышение продуктивного потенциала породных ресурсов крупного и мелкого рогатого скота Юга России на основе современных методов селекции / И.Ф. Горлов, М.И. Сложенкина, Е.Ю. Анисимова, Е.В. Карпенко, Д.А. Мосолова // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2023б. № 3. С. 76-82. [Gorlov IF, Slozhenkina MI, Anisimova EYu, Karpenko EV, Mosolova DA. Increasing the productive potential of large and small cattle breed resources in the South of Russia based on modern breeding methods. Vestnik of the Russian Agricultural Science. 2023b;3:76-82. (*In Russ.*)]. doi: 10.31857/2500-2082/2023/3/76-82
11. Помесный скот – это выгодно / И. Горлов, Д. Николаев, М. Сложенкина, А. Кайдулина // Животноводство России. 2021. № S2. С. 14-17. [Gorlov I, Nikolaev D, Slozhenkina M, Kaydulina A. Crossbred cattle are profitable. Animal Husbandry in Russia. 2021;S2:14-17. (*In Russ.*)].
12. Прохоров И.П., Эртуев М.М., Пикуль А.Н. Особенности роста и развития мускулатуры бычков симментальской породы и ее помесей с мясной симментальской и шаролеизской // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2019. № 3. С. 158-169. [Prokhorov IP, Ertuyev MM, Pikul AN. Peculiarities of growth and development of the musculature of the simmental breed bull-calves and cross-breeds with the simmental meat and charoleza breeds. Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy. 2019;3:158-169. (*In Russ.*)]. doi: 10.34677/0021-342X-2019-3-158-169
13. Разведение бычков породы шароле для получения органической говядины при пастбищном откорме / Н.Н. Забашта, Е.Н. Головкин, А.Н. Высокопоясная, Е.П. Лисовицкая // Ветеринария Кубани. 2021;4:28-30. [Zabashita NN, Golovko EN, Vysokopoyasnaya AN, Lisovitskaya EP. Charolais bulls breeding to obtain organic beef for pasture fattening. Veterinaria Kubani. 2021;4:28-30. (*In Russ.*)]. doi: 10.33861/2071-8020-2021-4-28-30
14. Сравнительная характеристика мясной продуктивности бычков разных пород / И.Ф. Горлов, А.В. Ранделин, М.И. Сложенкина, А.А. Мосолов, Д.А. Ранделин, М.Е. Спивак, О.П. Шахбазова, Р.Г. Раджабов, Н.В. Иванова, Д.А. Мосолова // Молочное и мясное скотоводство. 2019. № 2. С. 18-22. [Gorlov IF, Randelin AV, Slozhenkina MI, Mosolov AA, Randelin DA, Spivak ME, Shakhbazova OP, Radjabov RG, Ivanova NV, Mosolova DA. Comparative characteristics of meat productivity of bulls of different breeds. Dairy and Beef Cattle Farming. 2019;2:18-22. (*In Russ.*)]. doi: 10.33943/MMS.2019.2.31382
15. Характеристика племенного стада симментальской породы по основным селекционируемым признакам / М.М. Шахмурзов, А.Ф. Шевхужев, Н.В. Коник, Е.Р. Гостева, Ж.Т. Алагирова // Вестник Рязанского агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2022. Т. 14. № 1. С. 84-91. [Shakhmurzov MM, Shevkhezhev AF, Konik NV, Gosteva ER, Alagirova ZhT. Characteristics of the breeding herd of the simmental breed according to the main selected characteristics. Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev. 2022;14(1):84-91. (*In Russ.*)]. doi: 10.36508/RSATU.2022.73.65.010
16. Gorlov IF, Shahbazova OP, Radjabov RG, et al. Using a resistance index model for breeding work on the adaptive ability of cows. Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2019;10(1):1460-1467.
17. Slozhenkina MI, Gorlov IF, Shakhbazova OP, et al. Productivity of steers of different genotypes: forecast based on interior indicators. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinaria e Zootecnia. 2020;72(6):2279-2287. doi: 10.1590/1678-4162-12108

References

1. Amerkhanov KhA, Gorlov IF, Dunin IM. New domestic breeds – dependence of reliable ensuring the population of Russia by animal origin food products. *Agrarian-and-Food Innovations*. 2019;1(5):8-13. doi: 10.31208/2618-7353-2019-5-8-13
2. Basonov OA, Asadchiy AA. Meat productivity and biological characteristics of purebred and crossbred youngsters of Hereford breed. *Zootechniya*. 2020;10:20-24. doi: 10.25708/ZT.2020.29.67.006
3. Kosilov VI, Kharlamov AV, Babicheva IA, Rakhimzhanova IA, Tretyakova RF, Kayumov FG. Biological value, physical and chemical properties of muscle tissue of purebred and crossbred bulls. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2022;105(4):79-88. doi: 10.33284/2658-3135-105-4-79
4. Gorlov IF, Slozhenkina MI, Nikolaev DV, Miroshnik AS, Mosolova DA, Chernikov EV. The bulls breed differences impact on the chemical composition and biological value of beef obtained from them. *Dairy and Beef Cattle Farming*. 2023a;2:22-25. doi: 10.33943/MMS.2023.90.32.005
5. Otarov AI, Kayumov FG, Tretyakova RF, Ulimbashev MB. The influence of different keeping technologies on meat quality indicators of purebred and crossbred bulls. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2023;106(2):52-62. doi: 10.33284/2658-3135-106-2-52
6. Nasambaev EG, Akhmetalieva AB, Nugmanova AE, Doszhanova AO, Amerkhanov KhA, Dunin IM, Kayumov FG. Influence of feeding types on productive qualities of animals of the Kazakh white-headed breed. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2020;103(4):150-159. doi: 10.33284/2658-3135-103-4-150
7. Gorlov IF, Sutorma OA, Mulik AB, Kaydulina AA. Intensive growth and meat productivity of zoned-breed bulls. *Proceedings of lower Volga Agro-university Complex: Science and Higher education*. 2016;4(44):171-177.
8. Kovalchuk AM. Genetic diversity of the Kazakh white-headed cattle breed. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2021;6(92):283-289. doi: 10.37670/2073-0853-2021-92-6-283-289
9. Litvina NV. State and problems of development of beef cattle breeding in Russia. *Economy of Agricultural and Processing Enterprises*. 2019;6:28-32. doi: 10.31442/0235-2494-2019-0-6-28-32
10. Gorlov IF, Slozhenkina MI, Anisimova EYu, Karpenko EV, Mosolova DA. Increasing the productive potential of large and small cattle breed resources in the South of Russia based on modern breeding methods. *Vestnik of the Russian Agricultural Science*. 2023b;3:76-82. doi: 10.31857/2500-2082/2023/3/76-82
11. Gorlov I, Nikolaev D, Slozhenkina M, Kaydulina A. Crossbred cattle are profitable. *Animal Husbandry in Russia*. 2021;S2:14-17.
12. Prokhorov IP, Ertuyev MM, Pikul AN. Peculiarities of growth and development of the musculature of the simmental breed bull-calves and cross-breeds with the simmental meat and charoleza breeds. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2019;3:158-169. doi: 10.34677/0021-342X-2019-3-158-169
13. Zabashta NN, Golovko EN, Vysokopoyasnaya AN, Lisovitskaya EP. Charolais bulls breeding to obtain organic beef for pasture fattening. *Veterinary Science of Kuban*. 2021;4:28-30. doi: 10.33861/2071-8020-2021-4-28-30
14. Gorlov IF, Randelin AV, Slozhenkina MI, Mosolov AA, Randelin DA, Spivak ME, Shakhbazova OP, Radzabov RG, Ivanova NV, Mosolova DA. Comparative characteristics of meat productivity of bulls of different breeds. *Dairy and Beef Cattle Farming*. 2019;2:18-22. doi: 10.33943/MMS.2019.2.31382
15. Shakhmurzov MM, Shevkhezhev AF, Konik NV, Gosteva ER, Alagirova ZhT. Characteristics of the breeding herd of the simmental breed according to the main selected characteristics. *Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev*. 2022;14(1):84-91. doi: 10.36508/RSATU.2022.73.65.010
16. Gorlov IF, Shakhbazova OP, Radjabov RG, et al. Using a resistance index model for breeding work on the adaptive ability of cows. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. 2019;10(1):1460-1467.

17. Slozhenkina MI, Gorlov IF, Shakhbazova OP, et al. Productivity of steers of different genotypes: forecast based on interior indicators. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinaria e Zootecnia*. 2020;72(6):2279-2287. doi: 10.1590/1678-4162-12108

Информация об авторах:

Иван Фёдорович Горлов, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАН, главный научный сотрудник, Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции, 400066, Волгоградская обл., г. Волгоград, ул. имени Маршала Рокоссовского, 6, Россия, тел.: 8 (844) 239-10-48.

Марина Ивановна Сложенкина, доктор биологических наук, профессор, член-корреспондент РАН, директор, Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции, 400066, Волгоградская обл., г. Волгоград, ул. имени Маршала Рокоссовского, 6, тел.: 8 (844) 239-10-48.

Екатерина Владимировна Карпенко, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции, 400066, Волгоградская обл., г. Волгоград, ул. имени Маршала Рокоссовского, 6, тел.: 8 (844) 239-10-48.

Дарья Александровна Мосолова, лаборант-исследователь, Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции, 400066, Волгоградская обл., г. Волгоград, ул. имени Маршала Рокоссовского, 6, тел.: 8 (844) 239-10-48.

Ольга Павловна Шахбазова, доктор биологических наук, доцент, профессор кафедр естественных дисциплин, Донской государственный аграрный университет, 346493, Россия, Южный федеральный округ, Ростовская область, посёлок Персиановский, ул. Кривошлыкова, 24, тел.: 8 (903) 432-00-66.

Расим Гасанович Раджабов, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры паразитологии, ветеринарно-санитарной экспертизы и эпизоотологии, Донской государственный аграрный университет, 346493, Южный федеральный округ, Ростовская область, посёлок Персиановский, ул. Кривошлыкова, 24, тел.: 8 (844) 239-10-48.

Information about the authors:

Ivan F Gorlov, Dr. Sci. (Agriculture), Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Chief Researcher, Volga Scientific Research Institute for the Production and Processing of Meat and Dairy Products, Volgograd region, Volgograd, Marshal Rokossovsky str., 6, 400066, tel.: 8(844)239-10-48.

Marina I Slozhenkina, Dr. Sci. (Biology), Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Director, Volga Scientific Research Institute for the Production and Processing of Meat and Dairy Products, Volgograd region, Volgograd, Marshal Rokossovsky str., 6, 400066, tel.: 8(844)239-10-48.

Ekaterina V Karpenko, Cand. Sci. (Biology), Leading Researcher, Volga Scientific Research Institute for the Production and Processing of Meat and Dairy Products, Volgograd region, Volgograd, Marshal Rokossovsky str., 6, 400066, tel.: 8(844)239-10-48.

Daria A Mosolova, Research laboratory assistant, Volga Scientific Research Institute for the Production and Processing of Meat and Dairy Products, Volgograd region, Volgograd, Marshal Rokossovsky str., 6, 400066, tel.: 8(844)239-10-48.

Olga P Shakhbazova, Dr. Sci. (Biology), Associate Professor, Professor of the Department of Natural Sciences, Don State Agrarian University, Southern Federal District, Rostov region, Persianovsky settlement, Krivoshlykova str., 24, 346493, tel.: 8 (903) 432-00-66.

Rasim G Radzhabov, Cand. Sci. (Agriculture), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Parasitology, Veterinary and Sanitary Expertise and Epizootology, Don State Agrarian University, Southern Federal District, Rostov region, Persianovsky settlement, Krivoshlykova str., 24, 346493, tel.: 8 (844) 239-10-48.

Статья поступила в редакцию 15.03.2024; одобрена после рецензирования 24.05.2024; принята к публикации 10.06.2024.

The article was submitted 15.03.2024; approved after reviewing 24.05.2024; accepted for publication 10.06.2024.

Научная статья

УДК 636.082: 591.11(470.64)

doi:10.33284/2658-3135-107-2-96

**Эффективность разведения калмыцкого скота в Кабардино-Балкарии:
анализ и перспективы**

Михаил Сергеевич Винс¹, Рузия Фоатовна Третьякова², Фоат Галимович Каюмов³

¹²³Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, Оренбург, Россия

¹vins.miki@bk.ru, <https://orcid.org/0009-0005-8030-9845>

²kserev_1976@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5155-4295>

³nazkalms@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9241-9228>

Аннотация. Проведена сравнительная оценка роста и развития бычков базового варианта с создаваемым типом калмыцкой породы скота (F1). Установлены различия в характере роста и развития подопытных животных при одинаковых условиях кормления и содержания. Средняя масса новорождённых помесных бычков (F1) оценивалась в 24,1 кг, в то время как аналогичный показатель для животных базового варианта составил 22,3 кг, что на 2,99 % ниже, чем у помесей. В течение всех стадий роста средняя живая масса представителей создаваемого типа превосходила массу животных базового варианта. Например, к моменту достижения возраста 15 месяцев разница составила 25,6 кг (6,88 %). За время проведения исследований животные создаваемого типа проявили более высокие среднесуточные темпы роста по сравнению с животными базового варианта (на 172 г, что составляет увеличение на 25,2 %). Это свидетельствует о более интенсивном темпе их физиологического развития и подчеркивает высокий потенциал роста и развития. Животные создаваемого типа имели более выраженные мясные формы. У бычков базового варианта наблюдалось в 15 мес. превосходство в высоте в холке на 0,47 см (0,41 %) и крестце – на 1,66 см (1,41 %) по сравнению со сверстниками. Молодняк создаваемого мясного типа характеризовался более длинным туловищем и хорошо развитым полуобхватом зада. Так помесные бычки в 15-месячном возрасте превосходили по соответствующим показателям чистопородных аналогов на 4,6 см (3,56 %) и 7,5 см (7,33 %). Данные различия указывают на высокий потенциал мясной продуктивности создаваемого типа.

Ключевые слова: бычки, крупный рогатый скот, калмыцкая порода, приросты, промеры, индексы телосложения, продуктивность, экстерьер, конституция, состав крови

Для цитирования: Винс М.С., Третьякова Р.Ф., Каюмов Ф.Г. Эффективность разведения калмыцкого скота в Кабардино-Балкарии: анализ и перспективы // Животноводство и кормопроизводство. 2024. Т. 107, № 2. С. 96-106. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-107-2-96>

Original article

Efficiency of Kalmyk cattle breeding in Kabardino-Balkaria: analysis and prospects

Mikhail S Vinse¹, Ruzia F Tretyakova², Foat G Kayumov³

¹²³Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia

¹vins.miki@bk.ru, <https://orcid.org/0009-0005-8030-9845>

²kserev_1976@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5155-4295>

³nazkalms@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9241-9228>

Abstract. A comparative evaluation of the growth and development of bulls of the basic variant with the type being created (F1) of Kalmyk cattle breed was carried out. Differences in growth and development characteristic of experimental animals have been noted under the same feeding and housing conditions. The average weight of newborn crossbred bulls (F1) was estimated at 24.1 kg, while the same indicator for animals in the basic variant was 22.3 kg, which is 8.1 % lower than that of the crosses. During all

stages of growth, the average live weight of representatives of the created type exceeded the weight of animals of the basic variant. For example, the difference was 25.6 kg (6.88%) at 15 months of age. During the research period, the animals of the created type showed higher average daily growth rates compared to the animals of the basic variant (by 172 g, which is an increase of 25.2%). This indicates a more intensive rate of their physiological development and emphasizes a high potential for growth and development. The animals of the type being created had more pronounced meat forms. At 15 months of age, steers of the basic variant had a 0.47 cm (0.41%) superiority in withers height and 1.66 cm (1.41%) superiority in hip height compared to their peers. Young cattle of the created meat type was characterized by a longer torso and well-developed half girth of the hindquarters. Thus, the crossbred bulls exceeded their purebred counterparts in the corresponding indicators by 4.6 cm (3.56%) and 7.5 cm (7.33%) at the age of 15 months. These differences indicate a high potential of meat productivity of the created type.

Keywords: bulls, cattle, Kalmyk breed, gains, measurements, body composition indices, productivity, exterior, constitution, blood composition

For citation: Vince MS, Tretyakova RF, Kayumov FG. Efficiency of production of Kalmyk cattle in Kabardino-Balkaria: analysis and prospects. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2024;107(2):96-106. (In Russ.). <https://doi.org/10.33284/2658-3135-107-2-96>

Введение.

Развивая новаторские стратегии, мы ставим перед собой задачу – создание высокопродуктивного типа мясного скота методом скрещивания калмыцкого скота с производителями абердин-ангусской породы американской селекции. С помощью тщательного подбора полукровных животных с различными генетическими характеристиками, мы нацелены на улучшение породы и формирование желаемых генетических комбинаций внутри них (Бактыгалиева А.Т. и др., 2019; Насамбаев Е.Г. и др., 2020; Дунин И.М. и др., 2020; Фролов А.И. и др., 2021). Этот подход представляет собой инновационную стратегию в области генетического совершенствования крупного рогатого скота, превращая вызовы в возможности и открывая новые перспективы в животноводстве. Использование данного метода обладает двойной ценностью: с одной стороны, он способствует интеграции хозяйственно значимых характеристик в породе, а с другой – обеспечивает сохранение ценных особенностей улучшаемых пород (Бакай А.В. и др., 2016; Виль Л.Г. и др., 2022; Ковальчук А.М., 2021).

В контексте этого в горных районах ООО "Малка" в Республике Кабардино-Балкария стартовал процесс научно-исследовательской деятельности, нацеленной на формирование нового, заводского типа крупного рогатого скота калмыцкой породы.

Для увеличения мясной продуктивности калмыцкой породы скота рассмотрены многочисленные стратегии скрещивания с высокопродуктивными мясными породами в разных регионах страны (Боголюбова Л.П. и др., 2021; Сеитов М.С. и др., 2021). Однако в высокогорных местностях Кабардино-Балкарии данные об эффективности таких кроссов с абердин-ангусской породой остаются недостаточными. Эта ситуация стимулирует проведение комплексных исследований, а также внедрение инновационных подходов к скрещиванию крупного рогатого скота в данном регионе, что представляет собой вызов и возможность для развития животноводства.

Исследование динамики роста и развития как чистокровных калмыцких животных, так и их гибридов с разной генетической долей абердин-ангусской породы, является предметом не только научного, но и практического интереса, отражая важность генетической адаптации и потенциала для улучшения продуктивности в скотоводстве. До настоящего момента вопросы, связанные с ростом и развитием бычков в высокогорных условиях, оставались малоизученными, что делает нашу работу весьма актуальной и значимой для научного сообщества.

Цель исследований.

Изучить процессы роста и развития бычков различных генотипов в высокогорной зоне Республики Кабардино-Балкария.

Материалы и методы исследований.

Объект исследования. Чистопородные калмыцкие бычки и помеси F1 (абердин-ангусская×калмыцкая).

Обслуживание животных и экспериментальные исследования были выполнены в соответствии с инструкциями и рекомендациями нормативных актов: Модельный закон Межпарламентской Ассамблеи государств-участников Содружества Независимых Государств "Об обращении с животными", ст. 20 (постановление МА государств-участников СНГ № 29-17 от 31.10.2007 г.), Руководство по работе с лабораторными животными (http://fncbst.ru/?page_id=3553). При проведении исследований были предприняты меры для обеспечения минимума страданий животных и уменьшения количества исследуемых опытных образцов.

Схема эксперимента. Для эксперимента отобраны две группы бычков (I и II варианты), каждая из которых состояла из 12 особей, подобранных на основе племенного и зоотехнического учёта. I вариант – базовый (чистопородная калмыцкая), представлял чистопородных калмыцких бычков, II вариант – создаваемый тип помеси F1, включающий в себя абердин-ангусскую и калмыцкую породы. Для формирования групп эксперимента мы отбирали новорождённых телят с учётом сроков их рождения, стремясь к минимизации разницы в возрасте, которая не превышала 30 дней. Подопытные животные находились в аналогичных условиях кормления и ухода, что обеспечивало однородность экспериментальной среды для исследования. Молодых бычков, предназначенных для эксперимента, разводили в соответствии с традиционной методикой мясного скотоводства: с самого рождения: до достижения возраста 7-8 месяцев они находились на подсосе. После этого, проведя отъём, животных разделяли на две группы для последующего проведения исследования. На этом этапе содержание скота осуществлялось без привязи, на соломенной подстилке, с возможностью свободного доступа к выгульно-кормовому двору, а в летний период – на пастбище.

Для обеспечения запланированного роста живой массы была организована дополнительная подкормка животных свежескошенной зелёной массой, луговой травой и концентрированными кормами. В рацион входили 52,6 % грубых кормов и 47,4 % концентрированных, обеспечивая баланс питательных веществ и энергии для оптимального роста и развития животных. В период пастбищного нагула доля пастбищной травы в рационе составляла 72,21 %, концентрированные корма составляли 27,79 %. Однако в финальной стадии откорма доля концентратов увеличилась и достигла до 40 %.

Для детального анализа роста и развития животных, ежемесячно проводилось взвешивание перед кормлением и поением.

Среднесуточный прирост вычислялся с использованием специальной формулы (1), позволяющей учесть все факторы влияния на рост животных:

$$A=(W_1-W_0)/(t_1-t_0), \quad (1)$$

где W_1-W_0 – абсолютный прирост за контрольный период,

t – время, прошедшее между двумя взвешиваниями.

Для оценки роста и развития молодняка в возрасте 12 и 15 месяцев были взяты основные промеры: высота в холке, высота в крестце, косая длина туловища, глубина груди, ширина груди за лопатками, обхват груди за лопатками, полуобхват зада. Полученные данные использовались для вычисления индексов телосложения, отражающих внешние особенности молодых животных, экстерьер и конституцию.

Для оценки типа телосложения были рассчитаны индексы телосложения: длинноногости, растянутости, сбитости, перерослости, мясности (индекс Грегори) и массивности, что позволило провести более всестороннюю и детальную характеристику физических особенностей животных.

С целью мониторинга физиологического статуса бычков из каждой группы было отобрано по три животных, у которых взята кровь из яремной вены для дальнейшего анализа морфологических и биохимических показателей.

Оборудование и технические средства. Исследования проводились в лаборатории института сельского хозяйства Кабардино-Балкарского научного центра Российской академии наук. Промеры телосложения измеряли измерительной палкой, лентой и циркулем. Для определения живой массы использовали электронные весы «ВСП4-Ж» (Россия). Для определения содержания эритроцитов, лейкоцитов и гемоглобина использовали автоматический гематологический анализатор URIT-2900 VetPlus (Китай).

Статистическая обработка. Для анализа экспериментальных данных были задействованы методы вариационной статистики с помощью офисного программного комплекса «Microsoft Office» («Microsoft», США) с применением «Excel» («Microsoft», США) с обработкой данных в «Statistica 9.0» («Stat Soft Inc.», США). Достоверность разности значений показателей устанавливали по критерию Стьюдента при трёх уровнях вероятности ($P \leq 0,05$; $P \leq 0,01$; $P \leq 0,001$).

Результаты исследований.

При ручной случке использовались быки-производители абердин-ангусской породы американской селекции с высоким ростом, удлинённым туловищем и хорошо развитой задней третью.

В ходе анализа сравнительной выраженности признаков II варианта и I варианта было выявлено, что животные различных генотипов реагируют по-разному на внешние факторы при одинаковых условиях содержания и кормления. Это привело к различиям в оценке параметров исследуемых животных, представленным в таблице 1.

Таблица 1. Живая масса бычков, кг
Table 1. Live weight of bull-calves, kg

Возраст, мес / Age, months	I вариант / I variant	II вариант / II variant
Новорождённые / Newborns	22,3±0,36**	24,1±0,48
3	98,3±1,58	101,2±1,69
6	181,6±2,35	186,0±2,85
8	206,4±3,20	214,3±4,26
12	310,8±3,36	320,7±4,82
15	372,3±2,49***	397,9±3,29

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

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

У новорождённых бычков II варианта (F1) было превосходство в живой массе на 2,99 % по сравнению с I вариантом. К моменту достижения возраста в 8 месяцев живая масса бычков I варианта оказалась ниже на 7,9 г (3,82 %; $P \geq 0,05$).

В возрасте 15 месяцев бычки F1 превосходили в живой массе на 25,6 кг (6,88 %; $P \leq 0,001$) по сравнению с аналогами I варианта. Различия в весе молодняка объясняются разной интенсивностью его роста, представленной в таблице 2.

Таблица 2. Динамика среднесуточного прироста живой массы бычков, г
Table 2. Dynamics of average daily gain in live weight of bulls, g

Возраст, мес / Age, months	I вариант / I variant	II вариант / II variant
0-3	844,6±9,24**	857,3±11,66
3-6	926,2±15,87	942,8±14,35
6-8	413,4±17,43**	478,0±10,34
8-12	870,2±13,98	885,8±21,26
12-15	676,7±11,52***	847,4±9,82
0-15	778,3±19,46*	831,6±15,77

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

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

Так, в подсосный период бычки II варианта незначительно превышали показатели сверстников I варианта – на 1,79 %. После разлучения телят с матерями замечалось значительное снижение скорости их весового прироста.

За весь период исследования бычки II варианта демонстрировали явное преимущество, как по живой массе, так и по среднесуточному приросту. В период с 12 до 15 месяцев они выделялись более интенсивным ростом, превосходя сверстников I варианта на 171 г (25,2 %; $P \leq 0,001$).

Характеристики телосложения животных различных генотипов отражаются в их анатомических пропорциях и формах, представленных в таблице 3.

Таблица 3. Промеры бычков в разные возрастные периоды, см
Table 3. Measurements of bulls at different age periods, cm

Промеры / Measurements	I вариант / I variant		II вариант / II variant	
	12 мес. / 12 months	15 мес. / 15 months	12 мес. / 12 months	15 мес. / 15 months
Высота в холке / Withers height	112,91±1,25	115,31±0,32	110,84±1,43	114,84±0,27
Высота в крестце / Hip height	113,72±0,65	119,68±1,39	113,01±0,95	118,02±1,36
Косая длина туловища / Oblique torso length	119,58±2,13	129,22±0,89*	123,58±2,56	133,81±0,73
Глубина груди / Chest depth	55,03±0,94	60,38±1,13	55,83±1,41	61,22±2,02
Ширина груди / Chest width	35,88±1,42	39,2±0,78	38,38±0,76	43,43±1,64
Обхват груди за лопатками / Chest girth behind shoulder blades	149,43±0,92**	166,81±1,37**	161,79±1,65	176,51±0,91
Полуобхват зада / Half-girth of hindquarter	98,61±1,87	102,31±0,29***	103,31±0,85	109,78±0,32

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

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

Из анализа данных в таблице 3 видно, что молодняк I варианта обладал некоторым преимуществом в высотных параметрах, таких как высота в холке и крестце. Однако животные II варианта отличались более удлиненной формой туловища и развитым полуобхватом зада. Например, в возрасте 15 месяцев животные II варианта превосходили сверстников I варианта на 4,6 см (3,56 %) и 7,5 см (7,33 %) по соответствующим показателям.

Более детальную экстерьерно-конституциональную характеристику бычков разных генотипов возможно получить на основе изучения индексов телосложения.

Таблица 4. Индексы телосложения бычков в возрасте 15 месяцев, %
Table 4. Body indices of bulls at the age of 15 months, %

Индексы / Indices	I вариант / I variant	II вариант / II variant
Длинноногости / Long-legged	47,59±0,31	46,71±0,39
Растянутости / Stretchiness	112,13±0,67	116,62±0,81
Грудной / Breast	64,87±0,64	70,88±0,55
Сбитости / Bunching	129,08±0,52	131,91±0,71
Перерослости / Overgrowth	103,73±0,31	102,78±0,28
Мясности / Meat	88,68±0,12	95,59±0,18
Массивности / Massiveness	144,72±0,69	153,72±0,98

Проведенный анализ промеров бычков различных возрастов выявил, что при отъеме наибольшие значения по большинству индексов телосложения наблюдались у особей II варианта. Заметная межгрупповая разница отмечалась особенно по показателям сбитости (2,8 %),

массивности (9,0 %) и мясистой (6,9 %). В то время как бычки I варианта отличались более высокими показателями длинноногости (на 0,9 %) и перерослости (на 0,9 %).

Учитывая значимость взаимосвязи между составом крови и продуктивностью, мы провели исследование гематологических показателей крови. В ходе нашего исследования мы обнаружили, что количество эритроцитов у молодых бычков различных групп колебалось в пределах от $6,49 \times 10^{12}/л$ до $6,88 \times 10^{12}/л$. Более того, у животных II варианта мы наблюдали повышенное содержание лейкоцитов и гемоглобина в крови по сравнению со сверстниками I варианта.

Таблица 5. Морфологический состав крови бычков разных генотипов

Table 5. Morphological composition of blood in bulls of different genotypes

Показатель / Index	I вариант / I variant	II вариант / II variant
Эритроциты, $10^{12}/л$ / Red blood cells, $10^{12}/л$	$6,49 \pm 0,21$	$6,88 \pm 0,35$
Лейкоциты, $10^9/л$ / White blood cells, $10^9/л$	$8,18 \pm 0,16$	$8,61 \pm 0,25$
Гемоглобин, г/л / Hemoglobin, g/l	$110,22 \pm 1,33$	$112,73 \pm 1,35$

Исследование морфологических параметров крови у молодняка с различными генотипами не выявило никаких аномалий, отклоняющихся от физиологической нормы (табл. 5). Гемоглобин в крови соответствовал уровню продуктивности опытного молодняка, а количество лейкоцитов, отвечающих за поддержание иммунного гомеостаза, также находилось в пределах физиологических референсных значений. Полученные данные говорят о благополучном состоянии животных и их способности к эффективной адаптации в сельскохозяйственной среде. Анализ белкового состава представлен в таблице 6.

Таблица 6. Белковый состав крови бычков разных генотипов

Table 6. Protein content in the blood of bulls of different genotypes

Показатель / Index	I вариант / I variant	II вариант / II variant
Общий белок, г/л / Total protein, g/l	$80,6 \pm 0,86$	$83,1 \pm 0,75$
Альбумины, г/л / Albumin, g/l	$37,4 \pm 0,19^*$	$38,8 \pm 0,26$
Глобулины, г/л / Globulins, g/l	$43,2 \pm 0,30^*$	$44,3 \pm 0,24$
α	$11,45 \pm 0,24$	$11,35 \pm 0,54$
β	$13,65 \pm 0,16$	$13,43 \pm 0,34$
γ	$18,1 \pm 0,22^{**}$	$19,52 \pm 0,18$
A/G / A/G	$0,87 \pm 0,02$	$0,88 \pm 0,01$

Примечание: здесь и далее * – $P \leq 0,05$; ** – $P \leq 0,01$

Note: here and further * – $P \leq 0.05$; ** – $P \leq 0.01$

У молодняка II варианта отмечено повышенное содержание общего белка, достигающее $83,1$ г/л, по сравнению с чистопородными представителями калмыцкой породы скота, где значение составило $80,6$ г/л.

Согласно нашим исследованиям, наблюдалось положительная взаимосвязь между повышенным уровнем альбуминов в сыворотке крови и увеличением среднесуточного прироста молодняка. У бычков, относящихся ко II варианту, отмечались значительно повышенные уровни альбуминов и глобулинов по сравнению с животными I варианта.

Анализ альбумино-глобулинового соотношения между бычками I и II вариантов показал наличие незначительных различий.

Обсуждение полученных результатов.

Межпородное скрещивание мясных пород является основным резервом, который способствует увеличению объёмов производства говядины. Это один из селекционных приёмов, который способствует повышению продуктивности животных, их количественных и качественных показателей. (Бахарев А.А. и др., 2018; Косилов В.И. и др., 2021; Шагалиев Ф.М., 2022; Фролов А.Н. и др., 2022). Создавая новый тип, важно, чтобы во все возрастные периоды наблюдалось увеличение живой массы и среднесуточного прироста животных (Горлов И.Ф. и др., 2019; Инербаев Б.О. и др., 2021; Костомахин Н.М. и др., 2020).

Сравнительный анализ динамики живой массы бычков за период выращивания и откорма выявил достоверное превосходство помесных животных над чистопородными калмыцкими. Так, живая масса помесных бычков составила в возрасте 15 месяцев 397,9 кг, а у чистопородных калмыцких сверстников – 372,3 кг. Разница в 25,6 кг в живой массе достоверна при $P \leq 0,001$. Такая же закономерность превосходства помесных бычков над чистопородными наблюдается по среднесуточным приростам.

Проведённые ранее исследования учёными по скрещиванию коров калмыцкой породы с быками абердин-ангусской породы в условиях Калмыкии и Кабардино-Балкарии показали, что помесные бычки с 8- до 15-месячного возраста росли более интенсивно и имели большую живую массу во все возрастные периоды, чем чистопородные аналоги (Каюмов Ф.Г. и др., 2022; Убушаев Б.С. и др., 2020).

При изучении линейного роста молодняка было установлено, что бычки I варианта превосходили аналогов по высоте в холке на 4,6 см, в крестце – на 7,5 см. Помесные бычки имели удлинённое туловище и более развитый полуобхват зада, превосходя сверстников по данным параметрам на 4,6 см (3,56 %) и 7,5 см (7,33 %).

Морфологический и биохимический составы крови опытных бычков были в пределах физиологической нормы. При этом установлена тенденция более высокого содержания в крови эритроцитов и гемоглобина, общего белка у помесных бычков.

Наши данные согласуются с результатами исследований учёных, которые считают, что помесные бычки по морфологическим и биохимическим показателям крови превосходят чистопородных аналогов (Шевхужев А.Ф. и др., 2021; Убушаев Б.С. и др., 2020).

Заключение.

Таким образом, результаты исследования показали, что скрещивание производителей абердин-ангусской породы с коровами калмыцкой породы приводит к улучшению показателей живой массы и среднесуточного прироста у полученных потомков. Эти данные подтверждаются также анализом гематологических параметров, которые отражают улучшение общего состояния животных нового типа по сравнению с чистопородными представителями калмыцкой породы.

Список источников

1. Бакай А.В., Бакай Ф.Р., Фейзуллаева Э.М. Продуктивные качества коров казахской белоголовой породы разных генераций // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. № 5-6(47). С. 6-8. [Bakai AV, Bakai FR, Feizullaeva EM. Productive qualities of Kazakh white-headed breed cows of different generations. International Research Journal. 2016;5-6(47):6-8. (In Russ.)]. doi: 10.18454/IRJ.2016.47.059
2. Бахарев А.А., Фоминцев К.А., Григорьев К.Н. Промышленное скрещивание мясных пород скота в Северном Зауралье // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2018. № 53. С. 129-133. [Bakharev AA, Fomintsev KA, Grigoriev KN. Industrial cross-breeding of beef cattle in the Northern Urals. Izvestiya Saint-Petersburg State Agrarian University. 2018;53:129-133. (In Russ.)]. doi: 10.24411/2078-1318-2018-14129

3. Виль Л.Г., Никитина М.М. Сравнительная характеристика бычков герефордской породы Андриановского типа разных генеалогических групп по росту, развитию и мясной продуктивности // Молочное и мясное скотоводство. 2022. № 2. С. 34-38. [Wil LG, Nikitina MM. Comparative characteristics of the Andrianovsk type gereford bulls of different genealogical groups on growth, development and meat productivity. Dairy and Beef Cattle Farming. 2022;2:34-38. (In Russ.)]. doi: 10.33943/MMS.2022.80.89.008

4. Влияние типов кормления на продуктивные качества животных казахской белоголовой породы / Е.Г. Насамбаев, А.Б. Ахметалиева, А.Е. Нугманова, А.О. Досжанова, Х.А. Амерханов, И.М. Дунин, Ф.Г. Каюмов // Животноводство и кормопроизводство. 2020. Т. 103. № 4. С. 150-159. [Nasambaev EG, Akhmetalieva AB, Nugmanova AE, Doszhanova AO, Amerkhanov KhA, Dunin IM, Kayumov FG. Influence of feeding types on productive qualities of animals of the Kazakh white-headed breed. Animal Husbandry and Fodder Production. 2020;103(4):150-159. (In Russ.)]. doi: 10.33284/2658-3135-103-4-150

5. Влияние двух-трехпородного скрещивания на качество мясной продукции бычков кастратов / В.И. Косилов, Е.А. Никонова, Н.М. Губайдуллин, И.В. Миронова, М.Б. Ребезов, А.А. Салихов, Е.С. Баранович // Мичуринский агрономический вестник. 2021. № 1. С. 42-47. [Kosilov VI, Nikonova EA, Gubaidullin NM, Mironova IV, Rebezov MB, Salikhov AA, Baranovich ES. The influence of two-and three-breed crossing on the quality of meat products of castrate steers. Michurinsk Agronomy Bulletin. 2021;1:42-47. (In Russ.)].

6. Инербаев Б.О., Храмцова И.А., Инербаева А.Т. Промышленное скрещивание коров молочного скота с быками мясных пород в Западной Сибири // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2021. Т. 51. № 3. С. 75-81. [Inerbaev BO, Khramtsova IA, Inerbaeva AT. Commercial cross breeding of dairy cattle with beef bulls in Western Siberia. Siberian Herald of Agricultural Science. 2021;51(3):75-81. (In Russ.)]. doi: 10.26898/0370-8799-2021-3-8

7. Качественные показатели мясной продуктивности крупного рогатого скота при выращивании помесей различных генотипов / Б.С. Убушаев, А.К. Натыров, Ю.Н. Арылов, Н.Н. Мороз, С.А. Слизская // Проблемы развития АПК региона. 2021. № 4(48). С. 162-168. [Ubushaev BS, Natyrov AK, Arylov YuN, Moroz NN, Slizskaya SA. Qualitative indicators of beef productivity of cattle in the cultivation of crossbreeds of different genotypes. Development Problems of Regional Agro-industrial Complex. 2021;4(48):162-168. (In Russ.)]. doi: 10.52671/20790996_2021_4_162

8. Каюмов Ф.Г., Третьякова Р.Ф. Адаптивные качества и интерьерные различия помесных и чистопородных тёлочек калмыцкой породы в условиях высокогорья Кабардино-Балкарской Республики // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2022. № 2(94). С. 284-288. [Kayumov FG, Tretyakova RF. Adaptive qualities and interior differences of crossbred and purebred Kalmyk heifers in the highlands of the Kabardino-Balkarian Republic. Izvestia Orenburg State Agrarian University. 2022;2(94):284-288. (In Russ.)]. doi: 10.37670/2073-0853-2022-94-2-284-288

9. Ковальчук А.М. Генетическое разнообразие казахской белоголовой породы крупного рогатого скота // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2021. № 6(92). С. 283-289. [Kovalchuk AM. Genetic diversity of the Kazakh white-headed cattle breed. Izvestiya Orenburg State Agrarian University. 2021;6(92):283-289. (In Russ.)]. doi: 10.37670/2073-0853-2021-92-6-283-289

10. Костомахин Н.М., Сафронов С.Л. Рост и развитие чистопородного молодняка черно-пестрой породы и помесей с герефордской // Главный зоотехник. 2020. № 12(209). С. 3-15. [Kostomakhin NM, Safronov SL. Growth and development of purebred young cattle of black-and-white breed and crossbreeds with Hereford breed. Head of Animal Breeding. 2020;12(209):3-15. (In Russ.)]. doi: 10.33920/sel-03-2012-01

11. Оценка адаптационных качеств герефордского скота импортной селекции к условиям Южно-Уральской биогеохимической провинции на основе изучения репродуктивных качеств и биохимических показателей сыворотки крови / А.Н. Фролов, О.А. Завьялов, А.В. Харламов, Г.А. Морган, И.М. Дунин // Животноводство и кормопроизводство. 2021. Т. 104. № 4. С. 79-

88. [Frolov AN, Zavyalov OA, Kharlamov AV, Morgan GA, Dunin IM. Assessment of the adaptation qualities of Hereford livestock of imported breeding to the conditions of the South Ural biogeochemical province based on the study of reproductive qualities and biochemical values of blood serum. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2021;104(4):79-88. (In Russ.)]. doi: 10.33284/2658-3135-104-4-79

12. Оценка продуктивных качеств и элементного статуса бычков калмыцкой породы различных генотипов по гену гормона роста / А.Н. Фролов, О.А. Завьялов, А.В. Харламов, И.Н. Сычева, И.Е. Быстренина // *Животноводство и кормопроизводство*. 2022. Т. 105. № 1. С. 62-73. [Frolov AN, Zavyalov OA, Kharlamov AV, Sycheva IN, Bystrenina IE. Evaluation of productive traits and elemental status in Kalmyk bull-calves of various genotypes by growth hormone gene. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2022;105(1):62-73. (In Russ.)]. doi: 10.33284/2658-3135-105-1-62

13. Породный состав в племенном мясном скотоводстве России / Л.П. Боголюбова, С.В. Никитина, Е.А. Матвеева, Е.Е. Тяпугин // *Молочное и мясное скотоводство*. 2021. № 1. С. 10-12. [Bogolyubova LP, Nikitina SV, Matveeva EA, Tyapugin EE. Breeds composition in the breeding meat cattle breeding in Russia. *Dairy and Beef Cattle Farming*. 2021;1:10-12. (In Russ.)]. doi: 10.33943/MMS.2021.29.45.002

14. Продуктивные и биологические качества молодняка казахской белоголовой породы разных генотипов / А.Т. Бактыгалиева, К.М. Джуламанов, А.М. Ухтверов, Н.П. Герасимов // *Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии*. 2019. № 2. С. 94-101. [Baktygalieva AT, Dzhulamanov KM, Ukhtverov AM, Gerasimov NP. Productive and biological traits of youngs different genotypes of Kazakh white-headed breed. *Bulletin Samara State Agricultural Academy*. 2019;2:94-101. (In Russ.)]. doi: 10.12737/article_5cde37815507c1.77338365

15. Сеитов М.С., Левицкая Т.Т. Содержание, кормление и сравнительная оценка показателей роста бычков разных генотипов // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2021. № 1(87). С. 256-260. [Seitov MS, Levitskaya TT. Maintenance, feeding and comparative assessment of growth indicators gobies of different genotypes. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2021;1(87):256-260. (In Russ.)]. doi: 10.37670/2073-0853-2021-87-1-256-260

16. Состояние мясного скотоводства в Российской Федерации: реалии и перспективы / И.М. Дунин, С.Е. Тяпугин, Р.К. Мещеров, В.П. Ходыков, В.К. Аджибеков, Е.Е. Тяпугин, А.В. Дюльдина // *Молочное и мясное скотоводство*. 2020. № 2. С. 2-7. [Dunin IM, Tyapugin SE, Meshcherov RK, Hodykov VP, Adzhibekov VK, Tyapugin EE, Dyuldina AV. Condition of meat cattle breeding in the Russian Federation: realities and prospects. *Dairy and Beef Cattle Farming*. 2020;2:2-7. (In Russ.)]. doi: 10.33943/MMS.2020.40.30.001

17. Шагалиев Ф.М. Мясная продуктивность и качественные показатели мяса бычков разных генотипов // *Зоотехния*. 2022. № 2. С. 34-38. [Shagaliev FM. Meat productivity and quality indicators of beef bulls of different genotypes. *Zootechniya*. 2022;2:34-38. (In Russ.)]. doi: 10.25708/ZT.2022.94.37.009

18. Шевхужев А.Ф., Погодаев В.А. Особенности динамики роста, экстерьера, оплаты корма бычков абердин-ангусской породы разного типа телосложения // *Известия Тимирязевский сельскохозяйственной академии*. 2021. № 2. С. 49-59. [Shevkhezhev AF, Pogodaev VA. Features of the growth dynamics, exterior, and feed payment of aberdeen-angus calves of different body types. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2021;2:49-59. (In Russ.)]. doi: 10.26897/0021-342X-2021-2-49-59

19. Эффективность скрещивания коров красной степной породы с быками казахской белоголовой породы на увеличение мясной продуктивности и улучшение качества говядины / И.Ф. Горлов, Д.В. Николаев, А.А. Кайдулина, В.С. Гришин, Д.А. Мосолова // *Животноводство и кормопроизводство*. 2019. Т. 102. № 4. С. 98-105. [Gorlov IF, Nikolaev DV, Kaydulina AA, Grishin VS, Mosolova DA. The efficiency of crossbreeding of Red Steppe cows and bulls of the Kazakh white-headed breed for meat productivity increase and beef quality improvement. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2019;102(4):98-105. (In Russ.)]. doi: 10.33284/2658-3135-102-4-98

References

1. Bakai AV, Bakai FR, Feizullaeva EM. Productive qualities of Kazakh white-headed breed cows of different generations. *International Research Journal*. 2016;5-6(47):6-8. doi: 10.18454/IRJ.2016.47.059
2. Bakharev AA, Fomintsev KA, Grigoriev KN. Industrial crossbreeding of beef cattle in the Northern Urals. *Izvestiya Saint-Petersburg State Agrarian University*. 2018;53:129-133. doi: 10.24411/2078-1318-2018-14129
3. Wil LG, Nikitina MM. Comparative characteristics of the Andrianovsk type Gereford bulls of different genealogical groups on growth, development and meat productivity. *Dairy and Beef Cattle Farming*. 2022;2:34-38. doi: 10.33943/MMS.2022.80.89.008
4. Nasambaev EG, Akhmetalieva AB, Nugmanova AE, Doszhanova AO, Amerkhanov KhA, Dunin IM, Kayumov FG. Influence of feeding types on productive qualities of animals of the Kazakh white-headed breed. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2020;103(4):150-159. doi: 10.33284/2658-3135-103-4-150
5. Kosilov VI, Nikonova EA, Gubaidullin NM, Mironova IV, Rebezov MB, Salikhov AA, Baranovich ES. The influence of two-and three-breed crossing on the quality of meat products of castrate steers. *Michurinsk Agronomy Bulletin*. 2021;1:42-47.
6. Inerbaev BO, Khrantsova IA, Inerbaeva AT. Commercial cross breeding of dairy cattle with beef bulls in Western Siberia. *Siberian Herald of Agricultural Science*. 2021;51(3):75-81. doi: 10.26898/0370-8799-2021-3-8
7. Ubushaev BS, Natyrov AK, ArylovYuN, Moroz NN, Slizskaya SA. Qualitative indicators of beef productivity of cattle in the cultivation of crossbreeds of different genotypes. *Development Problems of Regional Agro-industrial Complex*. 2021;4(48):162-168. doi: 10.52671/20790996_2021_4_162
8. Kayumov FG, Tretyakova RF. Adaptive qualities and interior differences of crossbred and purebred Kalmyk heifers in the highlands of the Kabardino-Balkarian Republic. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2022;2(94):284-288. doi: 10.37670/2073-0853-2022-94-2-284-288
9. Kovalchuk AM. Genetic diversity of the Kazakh white-headed cattle breed. *Izvestiya Orenburg State Agrarian University*. 2021;6(92):283-289. doi: 10.37670/2073-0853-2021-92-6-283-289
10. Kostomakhin NM, Safronov SL. Growth and development of purebred young cattle of black-and-white breed and crossbreeds with Hereford breed. *Head of Animal Breeding*. 2020;12(209):3-15. doi: 10.33920/sel-03-2012-01
11. Frolov AN, Zavyalov OA, Kharlamov AV, Morgan GA, Dunin IM. Assessment of the adaptation qualities of Hereford livestock of imported breeding to the conditions of the South Ural biogeochemical province based on the study of reproductive qualities and biochemical values of blood serum. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2021;104(4):79-88. doi: 10.33284/2658-3135-104-4-79
12. Frolov AN, Zavyalov OA, Kharlamov AV, Sycheva IN, Bystrenina IE. Evaluation of productive traits and elemental status in Kalmyk bull-calves of various genotypes by growth hormone gene. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2022;105(1):62-73. doi: 10.33284/2658-3135-105-1-62
13. Bogolyubova LP, Nikitina SV, Matveeva EA, Tyapugin EE. Breeds composition in the breeding meat cattle breeding in Russia. *Dairy and Beef Cattle Farming*. 2021;1:10-12. doi: 10.33943/MMS.2021.29.45.002
14. Baktygalieva AT, Dzhulamanov KM, Ukhtverov AM, Gerasimov NP. Productive and biological traits of youngs different genotypes of Kazakh white-headed breed. *Bulletin Samara State Agricultural Academy*. 2019;2:94-101. doi: 10.12737/article_5cde37815507c1.77338365
15. Seitov MS, Levitskaya TT. Maintenance, feeding and comparative assessment of growth indicators gobies of different genotypes. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2021;1(87):256-260. doi: 10.37670/2073-0853-2021-87-1-256-260

16. Dunin IM, Tyapugin SE, Meshcheroov RK, Hodykov VP, Adzhibekov VK, Tyapugin EE, Dyuldina AV. Condition of meat cattle breeding in the Russian Federation: realities and prospects. Dairy and Beef Cattle Farming. 2020;2:2-7. doi: 10.33943/MMS.2020.40.30.001

17. Shagaliev FM. Meat productivity and quality indicators of beef bulls of different genotypes. Zootechniya. 2022;2:34-38. doi: 10.25708/ZT.2022.94.37.009

18. Shevkhuzhev AF, Pogodaev VA. Features of the growth dynamics, exterior, and feed payment of aberdeen-angus calves of different body types. Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy. 2021;2:49-59. doi: 10.26897/0021-342X-2021-2-49-59

19. Gorlov IF, Nikolaev DV, Kaydulina AA, Grishin VS, Mosolova DA. The efficiency of crossbreeding of Red Steppe cows and bulls of the Kazakh white-headed breed for meat productivity increase and beef quality improvement. Animal Husbandry and Fodder Production. 2019;102(4):98-105. doi: 10.33284/2658-3135-102-4-98

Информация об авторах:

Михаил Сергеевич Винс, аспирант 1 курса, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29, тел.: 8(3532)30-81-76.

Фоат Галимович Каюмов, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, руководитель научного направления, заведующий лабораторией новых пород и типов мясного скота, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29, тел.: 8(3532)30-81-76, сот.: 8-987-341-75-80.

Рузия Фоатовна Третьякова, кандидат биологических наук, научный сотрудник селекционно-генетического центра по мясным породам скота, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29, тел.: 8(3532)30-81-74.

Information about the authors:

Mikhail S Vince, 1st year graduate student, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29 9 Yanvarya St., Orenburg, 460000, tel.: 8(3532)30-81-76.

Foat G Kayumov, Dr. Sci. (Agriculture), Professor, Head of Research, Head of the Laboratory of New Breeds and Types of Beef Cattle, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29 9 Yanvarya St., Orenburg, 460000, tel.: 8(3532)30-81-76, tel.: 8-987-341-75-80.

Ruziya F Tretyakova, Cand. Sci. (Biology), Researcher at the Breeding and Genetic Center for Beef Cattle, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29 9 Yanvarya St., Orenburg, 460000, tel.: 8(3532)30-81-74.

Статья поступила в редакцию 29.03.2024; одобрена после рецензирования 19.04.2024; принята к публикации 10.06.2024.

The article was submitted 29.03.2024; approved after reviewing 19.04.2024; accepted for publication 10.06.2024.

Научная статья

УДК 636.082(571.12)

doi:10.33284/2658-3135-107-2-107

Биологические и хозяйственные особенности коров чёрно-пёстрой породы разного уровня продуктивности

Марина Александровна Часовщикова¹, Вера Валерьяновна Пунегова²

^{1,2}Государственный аграрный университет Северного Зауралья, Тюмень, Россия

¹chsovshikovama@gausz.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1892-0932>

²punegova.vv@gausz.ru

Аннотация. В статье рассматриваются биологические и хозяйственные особенности коров чёрно-пёстрой породы с разным уровнем молочной продуктивности в условиях Тюменской области. Для проведения исследований были отобраны коровы, выбывшие из стада в течение трёх лет, которых распределили на три группы в зависимости от величины удоя в наивысшую лактацию. Установили, что коровы с рекордными для стада удоями характеризовались большей скороспелостью, их преимущество по живой массе в возрасте 10 и 12 месяцев составляло 7,9 ($P \leq 0,05$) и 8,9 кг ($P \leq 0,05$) соответственно по сравнению с животными, имеющими наименьшие удои. В первую лактацию коровы с максимальной молочной продуктивностью отличались более глубокой, но менее объёмной грудной клеткой, их индексы высоконогости, грудной и костистости были менее выражены. Анализ основных признаков долголетия показал, что более продуктивные коровы отличались наибольшей продолжительностью хозяйственного использования (+206–565 дней; $P \leq 0,001$), пожизненным удоем (+6904–15792 кг; $P \leq 0,001$) и количеством молочного жира и белка (+478–1104 кг; $P \leq 0,001$), а поголовье телят, полученное в среднем на одну голову, составило 4,28 голов, что больше по сравнению с другими группами на 16-35 % ($P \leq 0,001$).

Ключевые слова: коровы, черно-пестрая порода, живая масса, удои в наивысшую лактацию, промеры, индексы, продуктивное долголетие, пожизненная продуктивность

Благодарности: работа выполнена в соответствии с планом НИР за 2023-2025 гг. Государственного аграрного университета Северного Зауралья (№ 12402200199-9).

Для цитирования: Часовщикова М.А., Пунегова В.В. Биологические и хозяйственные особенности коров чёрно-пёстрой породы разного уровня продуктивности // Животноводство и кормопроизводство. 2024. Т. 107, № 2. С. 107-115. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-107-2-107>

Original article

Biological and economic characteristics of Black Spotted cows of different productivity levels

Marina A Chasovshchikova¹, Vera V Punegova²

^{1,2}Nothorn Trans-Ural State Agricultural University, Tyumen, Russia

¹chsovshikovama@gausz.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1892-0932>

²punegova.vv@gausz.ru

Abstract. The article discusses the biological and economic characteristics of Black Spotted cows with different levels of milk productivity in the conditions of the Tyumen region. For the research, cows that had been removed from the herd for three years were selected. They were divided into three groups

depending on the amount of milk yield in maximum lactation. It was found that cows with record milk yields for the herd were characterized by greater early maturity; their advantage in live weight at the age of 10 and 12 months was 7.9 ($P \leq 0.05$) and 8.9 kg ($P \leq 0.05$) compared with animals with the lowest milk yield, respectively. In the first lactation, cows with maximum milk productivity were distinguished by deeper, but less voluminous chest; their long leg, chest and bone indexes had the lowest values. Analysis of the main signs of longevity showed that highly productive cows had the longest duration of economic use (+206 – 565 days; $P \leq 0.001$), lifetime milk yield (+6904 – 15792 kg; $P \leq 0.001$) and the amount of milk fat and protein (+478 – 1104 kg; $P \leq 0.001$), and the number of calves obtained per cow averaged 4.28 heads, which is 16-35% more compared to other groups ($P \leq 0.001$).

Keywords: cows, Black Spotted breed, live weight, milk yield in highest lactation, measurement, index, productive longevity, lifetime productivity

Acknowledgments: the work was performed in accordance to the plan of research works for 2023-2025 Northern Trans-Ural State Agricultural University (No. 12402200199-9).

For citation: Chasovshchikova MA, Punegova VV. Biological and economic characteristics of Black Spotted cows of different productivity levels. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2024;107(2):107-115. (In Russ.). <https://doi.org/10.33284/2658-3135-107-2-107>

Введение.

В современных условиях развития аграрного комплекса остро встаёт вопрос снижения зависимости от импорта и рациональное развитие собственных ресурсов, для сохранения и развития которых предпринимаются меры на законодательном уровне (Темирдашева К.А. и Гукеев В.М., 2023). В молочном скотоводстве потенциально ценным ресурсом являются высокопродуктивные животные, увеличение доли которых оказывает положительное влияние на интенсивность развития племенного животноводства за счёт роста генетического потенциала отдельных стад и пород в целом, а также обеспечивает максимальный экономический доход отрасли (Якимова В.Ю. и Мартынова Е.Н., 2020; Давыдова А.С. и Федосенко Е.Г., 2022). При этом наиболее ценной частью любого стада в молочном скотоводстве являются коровы не только с рекордными удоями, но и обладающие высокими продуктивным долголетием и пожизненной молочной продуктивностью, именно они представляют особый интерес для селекционно-племенной работы (Якимова В. Ю. и Мартынова Е. Н., 2020; Шевелёва О.М. и др., 2023а). В связи с влиянием на организм животных широкого спектра средовых и наследственных факторов высокопродуктивные животные в различных хозяйственных условиях формируются с характерными особенностями, поэтому изучение их биологических и хозяйственных признаков является весьма актуальным.

Цель исследования.

Выяснить некоторые биологические и хозяйственные особенности коров чёрно-пёстрой породы с разным уровнем молочной продуктивности, разводимой в условиях юга Тюменской области.

Материалы и методы исследований.

Объект исследования. Коровы чёрно-пёстрой породы, имеющие одну законченную лактацию и более, выбывшие из стада в течение трёх лет.

Обслуживание животных и экспериментальные исследования были выполнены в соответствии с инструкциями и рекомендациями нормативных актов: Модельный закон Межпарламентской Ассамблеи государств-участников Содружества Независимых Государств "Об обращении с животными", ст. 20 (постановление МА государств-участников СНГ № 29-17 от 31.10.2007 г.). При проведении исследований были предприняты меры для обеспечения минимума страданий животных и уменьшения количества исследуемых опытных образцов.

Схема эксперимента. Исследования проведены в Учебно-опытном хозяйстве ГАУ Северного Зауралья Тюменской области. Для достижения цели животные ($n=529$) были разделены на три

группы согласно правилу нормального распределения вариантов, при этом за классификационный признак взят удой за 305 дней наивысшей лактации. В 1 группу вошли коровы с удоём менее средней арифметической в анализируемой выборке ($n=238$), во 2 группу – с удоём в диапазоне от средней арифметической ($\bar{x}$) до $\bar{x} + 1\sigma$ ($n=199$) и в 3 группу – более чем $\bar{x} + 1\sigma$ ($n=92$) (σ – среднее квадратическое отклонение). Средний удой за наивысшую лактацию составил 6257 кг, 7667 и 8922 кг молока в группах 1, 2 и 3 соответственно. Проведено сравнение коров 1 и 2 группы с коровами 3 группы по живой массе в процессе их выращивания, возрасту первого осеменения, промерам тела, индексам телосложения, молочной продуктивности за 305 дней первой и наивысшей лактации (удой, суммарное количество молочного жира и белка), продолжительности хозяйственного использования (ПХИ), пожизненному удою, а также суммарному количеству молочного жира и белка за всю жизнь (кг), поголовью телят, полученному за всю жизнь в среднем от одной коровы.

Оборудование и технические средства. Для характеристики хозяйственных и биологических признаков использована база данных ИАС «СЕЛЭКС. Молочный скот».

Статистическая обработка. Первичный цифровой материал, характеризующий подконтрольное поголовье коров, систематизирован и обработан биометрически с помощью офисного программного комплекса «Microsoft Office» (США) с применением программы «Excel» («Microsoft», США). Средние арифметические контролируемых признаков в 1 и 2 группах сравнивали с 3 группой, используя t-критерий Стьюдента, при порогах статистически достоверных различий ¹ – $P \leq 0,05$, ² – $P \leq 0,01$, ³ – $P \leq 0,001$.

Результаты исследования.

Группы коров, сформированные в зависимости от уровня удоя в наивысшую лактацию, различались по величине живой массы на разных этапах постэмбрионального развития. В общей тенденции – чем интенсивнее происходил рост, тем выше были удои (табл. 1).

Таблица 1. Живая масса и возраст первого осеменения
Table 1. Live weight and age at first insemination

Показатель / Indicator	Группа / Group		
	1	2	3
Живая масса, кг / Live weight, kg			
6 мес. / 6 months	156,7 ± 1,57	160,0 ± 1,60	161,9 ± 2,49
10 мес. / 10 months	255,3 ± 1,94 ¹	261,0 ± 1,84	263,2 ± 3,09
12 мес. / 12 months	303,1 ± 2,08 ¹	308,8 ± 2,04	312,0 ± 3,32
При первом осеменении / At first insemination	388,2 ± 1,23	390,9 ± 1,24	392,8 ± 2,47
Возраст первого осеменения, мес. / Age at first insemination, months	15,2 ± 0,09 ¹	15,0 ± 0,09	14,8 ± 0,15

Сравнительный анализ живой массы показал, что в возрасте 6 месяцев животные 3 группы имели незначительные преимущества над сверстницами других групп, но в 10 и 12 месяцев различия становились более заметными. Так, в возрасте 10 месяцев коровы 3 группы весили в среднем 263,2 кг, что на 7,9 кг ($P \leq 0,05$) больше, чем в 1 группе, различия в возрасте 12 месяцев составляли 8,9 кг ($P \leq 0,05$). Животные 2 группы в возрасте 10 и 12 месяцев также имели некоторые преимущества по живой массе относительно 1 группы, в среднем 5,7 кг ($P \leq 0,05$). В связи с большей интенсивностью роста коровы 3 группы достигали живой массы, требуемой для первого осеменения раньше на 0,4 мес. ($P \leq 0,05$), чем в 1 группе.

Для суждения об общем развитии животных разного уровня молочной продуктивности проанализировали основные промеры тела коров в возрасте первой лактации (табл. 2).

Таблица 2. Промеры коров в возрасте первой лактации, см

Table 2. Measurements of cows at the age of first lactation, cm

Промер / Measurement	Группа / Group		
	1	2	3
Высота в холке / Height at the withers	136,1 ± 0,28	135,8 ± 0,32	135,5 ± 0,41
Глубина груди / Chest width	65,9 ± 0,23 ²	66,5 ± 0,24	67,3 ± 0,39
Ширина груди / Chest depth	38,8 ± 0,22	38,2 ± 0,37	38,5 ± 0,38
Ширина в маклоках / Width in hips	52,5 ± 0,18	52,3 ± 0,20	52,3 ± 0,22
Косая длина туловища / Oblique body length	166,8 ± 0,53	166,7 ± 0,48	165,9 ± 0,78
Обхват груди / Chest girth	196,4 ± 0,53 ²	194,3 ± 0,52	194,1 ± 0,64
Обхват пясти / Pastern girth	19,4 ± 0,09 ³	18,9 ± 0,09	18,6 ± 0,12

Коровы 3 группы по сравнению со сверстницами 1 группы характеризовались более глубокой (+1,4 см; $P \leq 0,01$), но менее объемной грудной клеткой (- 2,3 см; $P \leq 0,01$) и меньшим обхватом пясти (-0,8 см; $P \leq 0,001$). Коровы 2 группы также уступали коровам 1 группы по обхвату груди (-2,1 см; $P \leq 0,01$) и пясти (- 0,5 см; $P \leq 0,001$).

При проведении экстерьерной оценки важно получить представление о развитии как отдельных статей, так и пропорциональности телосложения животного, в связи с этим нами были рассчитаны индексы телосложения (табл. 3).

Таблица 3. Индексы телосложения коров в возрасте первой лактации, %

Table 3. Body composition indices of cows at the age of first lactation, %

Индекс / Index	Группа / Group		
	1	2	3
Высоконогости / High leg	51,5 ± 0,16 ³	51,0 ± 0,21 ¹	50,3 ± 0,29
Растянутости / Lengthiness	122,7 ± 0,41	122,8 ± 0,41	122,4 ± 0,55
Тазо-грудной / Pelvic-thoracic	74,0 ± 0,43	73,1 ± 0,69	73,7 ± 0,69
Грудной / Thoracic	58,9 ± 0,35 ¹	57,6 ± 0,57	57,3 ± 0,56
Сбитости / Compactness	118,0 ± 0,51	116,8 ± 0,45	117,2 ± 0,59
Костистости / Bonyness	14,3 ± 0,06 ³	13,9 ± 0,06	13,7 ± 0,08
Массивности / Massiveness	144,4 ± 0,37	143,1 ± 0,38	143,3 ± 0,52

Величины индексов телосложения показали, что коровы 1 группы в отличие от коров 2 и 3 групп были более длинноноги с индексом высоконогости, равным в среднем 51,5 % (+0,5...1,2 %; $P \leq 0,01...0,001$), и имели более выраженный грудной индекс – 58,9 % (+1,3...1,6 %; $P \leq 0,05$). Кроме того, коровы 1 группы отличались более высоким индексом костистости – 14,3 % (+0,4...0,6 %; $P \leq 0,001$) по сравнению с коровами 2 и 3 групп, а также большей массивностью по сравнению с 2 группой (+1,3 %; $P \leq 0,05$). По другим индексам значимых различий не установлено.

Таким образом, коровы с более высокими удоями были менее высоконогими, с более глубокой, но менее широкой грудной клеткой, уступали коровам с относительно невысокими удоями по развитию костяка и отличались от них меньшей массивностью.

В первую лактацию коровы 3 группы также как и в возрасте наивысшей лактации проявили более высокие удои в среднем – 7079 кг молока, что больше на 1154 кг ($P \leq 0,001$) и 369 кг ($P \leq 0,01$) по сравнению с 1 и 2 группами соответственно. По количеству молочного жира и белка в первую лактацию достоверное преимущество также было на стороне коров 3 группы (табл. 4).

Своей наивысшей лактация коровы 1 группы достигали раньше на 0,48 ($P \leq 0,001$) и 1,05 лактаций ($P \leq 0,001$) по сравнению с коровами 2 и 3 групп, а срок их хозяйственного использования был короче на 359 ($P \leq 0,001$) и 565 дней ($P \leq 0,001$) или 0,89 ($P \leq 0,001$) и 1,45 отёлов ($P \leq 0,001$),

что явилось одной из причин сравнительно невысокого удоя в наивысшую лактацию. За всю жизнь от коров из 3 группы было получено больше телят – в среднем 4,28 голов. Основными причинами выбытия коров из стада во всех трёх группах стали гинекологические болезни, болезни молочной железы и конечностей. Но если в 1 группе коровы чаще выбраковывались из-за гинекологических проблем (31,1 %), то во 2 и 3 группах, где были потенциально более продуктивные коровы, из-за проблем с молочной железой выбывали 29,3 % и 32,6 % соответственно, что, вероятно, связано с различиями в морфологических характеристиках вымени.

Таблица 4. Молочная продуктивность и показатели долголетия коров

Table 4. Milk productivity and longevity indicators of cows

Показатель / Indicator	Группа / Group		
	1	2	3
Удой за 305 дн. первой лактации, кг / Milk yield for 305 days of first lactation, kg	5925 ± 53,8 ³	6710 ± 64,9 ²	7079 ± 115,2
Количество молочного жира и белка за 305 дн. первой лактации, кг / Amount of milk fat and pro- tein for 305 days of first lactation, kg	426,1 ± 3,83 ³	478,8 ± 4,40 ²	505,0 ± 7,93
Наивысшая лактация по счёту / Highest lactation in a row	1,60 ± 0,057 ³	2,08 ± 0,071 ³	2,65 ± 0,117
Удой за 305 дн. наивысшей лактации, кг / Milk yield for 305 days of highest lactation, kg	6257 ± 49,0 ³	7667 ± 24,6 ³	8922 ± 54,8
Количество молочного жира и белка за 305 дн. наивысшей лактации, кг / Amount of milk fat and protein for 305 days of highest lactation, kg	451,0 ± 3,60 ³	546,2 ± 2,03 ³	627,1 ± 3,98
ПХИ, дн. / Duration of economic use, days	1694 ± 33,1 ³	2053 ± 38,6 ²	2259 ± 49,7
ПХИ, отёлов / Duration of economic use, calving	2,93 ± 0,087 ³	3,82 ± 0,094 ³	4,38 ± 0,129
Получено телят, гол. / Calves born	2,78 ± 0,101 ³	3,65 ± 0,099 ³	4,28 ± 0,138
Пожизненная молочная продуктивность, кг: / Lifetime milk production, kg:			
удой / milk yield	16218 ± 602,8 ³	25106 ± 712,4 ³	32010 ± 1070,9
количество молочного жира и белка / amount of milk fat and protein	1168 ± 43,6 ³	1794 ± 51,4 ³	2272 ± 76,3

На фоне более продолжительного хозяйственного использования коровы 3 группы характеризовались наибольшей пожизненной молочной продуктивностью. Так, по количеству молока, а также молочного жира и белка они превосходили коров 1 группы на 15792 кг ($P \leq 0,001$) и 1104 кг ($P \leq 0,001$), а коров 2 группы – на 6904 кг ($P \leq 0,001$) и 478 кг ($P \leq 0,001$) соответственно.

Обсуждение полученных результатов.

Исследовав особенности роста коров голштинской породы разного уровня продуктивности, Якимов В.Ю. и Мартынова Е.Н. (2020) не выявили достоверных различий по живой массе в разном возрасте, но указывают на слабые положительные связи между её величиной в разные периоды и удоём в первую лактацию. В свою очередь Вельматов А.П. с соавторами (2021) утверждают, что наиболее интенсивно растущие особи способны проявлять наибольшие удои в возрасте первой лактации, что вполне согласуется с результатами наших исследований, где коровы с рекордными удоями (3 группа), в возрасте 10 и 12 месяцев имели достоверно более высокую живую массу относительно коров с наименьшим уровнем удоёв (1 группа). Полученные результаты указывают на необходимость направленного выращивания ремонтных тёлочек для реализации их генетического потенциала.

Признаки телосложения тесно связаны с молочной продуктивностью скота молочных пород, в связи с чем показатели экстерьера являются признаками селекции (Шевелёва О.М. и Свяженина М.А., 2021; Шевелёва О.М. и др., 2022, 2023б; Мулявка К.К. и Овчинникова Л.Ю., 2022; Тартаркина Н.И. и др., 2023). Коровы с наибольшей молочной продуктивностью (3 группа) в наших исследованиях отличались достоверно большей глубиной груди, меньшими высоконогостью, костистостью и грудным индексом. Аналогичные изменения глубины груди у коров-рекордисток описывают в своих исследованиях Якимова В.Ю. и Мартынова Е.Н. (2020), а глубины туловища – Контэ А.Ф. и Карликова Г.Г. (2022). Исследованиями Тарчокова Т.Т. с соавторами (2023) установлены слабые положительные связи удоя в первую лактацию с индексом высоконогости, что отличается от наших результатов, и умеренные обратные связи с грудным индексом, что не противоречит сформированным взаимосвязям в подконтрольном нам массиве чёрно-пёстрой породы. Таким образом, в каждом стаде формируется желательный тип телосложения с выраженными особенностями, что следует учитывать в селекционно-племенной работе. В стаде учебно-опытного хозяйства формирование желательного типа будет наиболее эффективно, если при отборе учитывать индексы высоконогости, костистости и грудной.

Есть мнение, что продолжительность хозяйственного использования отрицательно связана с уровнем молочной продуктивности коров, но это, как правило, не прямолинейная связь, разные авторы указывают на улучшение долголетия при достижении определённого уровня продуктивности (Игнатьева Л.П. и Сермягин А.А., 2021; Шишкина Т.В. и др., 2022). По сведениям Сановой З.С. (2020), коровы голштинской породы с высоким удоём за первую лактацию имеют в среднем продуктивный период короче, чем с низким, а с высоким удоём по третьей лактации – длиннее. В наших исследованиях коровы-рекордистки (3 группа) характеризовались наибольшим долголетием. Аналогичные результаты получены на симментальской породе Свяжениной М.А. (2020), на голштинской породе – Шевелёвой О.М. с соавторами (2020).

Заключение.

Анализ полученных результатов показал, что коровы чёрно-пёстрой породы с рекордной для стада продуктивностью – более скороспелые, характеризуются наибольшим продуктивным долголетием, пожизненной молочной продуктивностью и достигают наивысшей продуктивности сравнительно позднее сверстниц, а следовательно, полнее реализуют свой генетический потенциал. Особи с молочной продуктивностью выше средней по стаду отличаются более глубокой, но менее объёмной грудной клеткой, а также менее выраженным грудным индексом и костистостью, что характерно для молочного скота с признаками нежного типа телосложения.

Список источников

1. Вельматов А.П., Абушаев Р.А., Тишкина Т.Н. Взаимосвязь хозяйственно-полезных признаков и их использование в практической селекции // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 1(53). С. 143-149. [Velmatov AP, Abushaev R, Tishkina TN. The correlation of economically useful traits and their usage in practical breeding. Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy. 2021;1(53):143-149. (In Russ.)]. doi: 10.18286/1816-4501-2021-1-143-149
2. Давыдова А.С., Федосенко Е.Г. Высокопродуктивные коровы как биологический резерв стада // Аграрный вестник Нечерноземья. 2022. № 2(6). С. 17-21. [Davydova AS, Fedosenko EG. Highly productive cows as a biological reserve of the herd. Agrarian Bulletin of the non-Chernozem region. 2022;2(6):17-21. (In Russ.)]. doi: 10.52025/2712-8679_2022_02_17
3. Игнатьева Л.П., Сермягин А.А. Продолжительность продуктивной жизни коров симментальской породы // Аграрный вестник Урала. 2021. № 10(213). С. 31-39. [Ignatyeva LP, Sermyagin AA. Length of productive life the cows of Simmental breed. Agrarian Bulletin of the Urals. 2021;10 (213): 31-39. (In Russ.)]. doi: 10.32417/1997-4868-2021-213-10-31-39

4. Контэ А.Ф., Карликова Г.Г. Параметры изменчивости показателей телосложения и продуктивности голштинских коров в зависимости от уровня удоя // Аграрный вестник Урала. 2022. № 6(221). С. 37-48. [Konte AF, Karlikova GG. Parameters of variability of indicators of physique and productivity of Holstein cows depending on the level of milk yield. Agrarian Bulletin of the Urals. 2022;6(221):37-48. (*In Russ.*)]. doi: 10.32417/1997-4868-2022-221-06-37-48
5. Мулявка К.К., Овчинникова Л.Ю. Оценка быков-производителей по типу телосложения дочерей в условиях племенного завода // Животноводство и кормопроизводство. 2022. Т. 105. № 4. С. 59-70. [Mulyavka KK, Ovchinnikova LYu. Evaluation of sires by the body conformation type of daughters in the conditions of a breeding farm. Animal Husbandry and Fodder Production. 2022;4(105):59-70. (*In Russ.*)]. doi: 10.33284/2658-3135-105-4-59
6. Продуктивные и экстерьерные особенности голштинского и голштинизированного скота / Т.Т. Тарчоков и др. // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2023. № 2(73). С. 117-123. [Tarchokov TT et al. Productive and exterior features of Holstein and Holstinized cattle. The Bulletin of Michurinsk State Agrarian University. 2023;2(73):117-123. (*In Russ.*)].
7. Раздой коров-первотелок как фактор, определяющий продуктивность и долголетие коров / Т.В. Шишкина, С.Ю. Дмитриева, А.Ю. Кузнецов, Э.Ж. Апиева // Нива Поволжья. 2022. № 3(63). С. 2001. [Shishkina TV, Dmitrieva SYu, Kuznetsov AY, Appieva EJ. Milking of first-calf cows as the factor to determine productivity and longevity of cows. Niva Povolzhya. 2022;3(63): 2001. (*In Russ.*)]. doi: 10.36461/NP.2022.63.3.004
8. Санова З.С. Прогноз продуктивного долголетия голштинских коров по косвенным признакам // Молочное и мясное скотоводство. 2020. № 4. С. 22-26. [Sanova ZS. A forecast of productive longevity of Holstein cows by indirect signs. Journal of Dairy and Beef Cattle Breeding. 2020;4:22-26. (*In Russ.*)]. doi: 10.33943/MMS.2020.55.90.006
9. Свяженина М.А. Симментальский скот Тюменской области // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2020. № 4(84). С. 282-286. [Svyazhenina MA. Simmental cattle of Tyumen region. Izvestia Orenburg State Agrarian University. 2020;4(84):282-286. (*In Russ.*)].
10. Татаркина Н.И., Свяженина М.А., Пономарева Е.А. Применение экстерьерной оценки в селекции крупного рогатого скота голштинской породы // Аграрный вестник Урала. 2023. Т. 23. № 10. С. 81-90. [Tatarkina NI, Svyazhenina MA, Ponomareva EA. The use of exterior assessment in the selection of Holstein cattle. Agrarian Bulletin of the Urals. 2023;10(23):81-90. (*In Russ.*)]. doi: 10.32417/1997-4868-2023-23-10-81-90
11. Темирдашева К.А., Гукеев В.М. Факторы повышения продовольственной безопасности в молочном животноводстве (обзор) // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2023. № 1 (99). С. 317-323. [Temirdasheva KA, Gukezhev VM. Factors for improving food security in dairy farming (review). Izvestia Orenburg State Agrarian University. 2023;99(1):317-323. (*In Russ.*)]. doi: 10.37670/2073-0853-2023-99-1-317-323
12. Шевелёва О.М., Смирнова Т.Н., Сухих Н.С. Влияние уровня молочной продуктивности коров первой лактации на долголетие коров и пожизненную продуктивность // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова. 2020. № 4(61). С. 95-99. [Sheveleva OM, Smirnova TN, Sukhikh NS. Influence of the level of milk productivity of first lactation cows on longevity of cows and lifetime productivity. Vestnik Buryatskoj gosudarstvennoj sel'skoxozyajstvennoj akademii im. V.R. Filippova. 2020;4(61):95-99. (*In Russ.*)]. doi: 10.34655/bgsha.2020.61.4.015
13. Шевелёва О.М., Свяженина М.А. Селекционно-генетические параметры продуктивных признаков и экстерьерные особенности крупного рогатого скота черно-пестрой породы в Западной Сибири // Молочнохозяйственный вестник. 2021. № 2(42). С. 95-106. [Sheveleva OM, Svyazhenina MA. Selection and genetic parameters of productive traits and exterior features of Black-and-White cattle in Western Siberia. Molochnokhozyaistvenny Vestnik. 2021;2(42):95-106. (*In Russ.*)]. doi: 10.52231/2225-4269_2021_2_95

14. Шевелёва О.М., Связенина М.А., Часовщикова М.А. Селекционно-генетические параметры отбора коров по молочной продуктивности при совершенствовании стада крупного рогатого скота // Вестник Курганской ГСХА. 2023а. № 1(45). С. 60-68. [Sheveleva OM, Svyazhenina MA, Chasovshchikova MA. Breeding and genetic parameters of selection of cows for dairy productivity in the improvement of the herd of cattle. Vestnik Kurganskoy GSHA. 2023;1(45):60-68. (*In Russ.*)].
15. Шевелёва О.М., Бахарев А.А., Москалёва А.О. Экстерьерные особенности коров голштинской породы в Северном Зауралье // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2023б. № 4(68). С. 131-136. [Sheveleva OM, Bakharev AA, Moscaleva AO. Exterior features of holstein breed of cows in the northern Trans-Urals. Vestnik Bashkir State Agrarian University. 2023;4(68):131-136. (*In Russ.*)]. doi: 10.31563/1684-7628-2023-68-4-131-136
16. Экстерьерная характеристика коров голштинской породы в условиях Северного Зауралья / О.М. Шевелёва, М.А. Связенина, С.Ф. Суханова, И.Ю. Даниленко // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 2(66). С. 253-262. [Sheveleva OM, Svyazhenina MA, Sukhanova SF, Danilenko IY. Exterior characteristics of Holstein cows in the conditions of the Northern Trans-Urals. Proceedings of Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Education. 2022;2(66):253-262. (*In Russ.*)]. doi: 10.32786/2071-9485-2022-02-32
17. Якимова В.Ю., Мартынова Е.Н. Хозяйственно-биологические особенности высокопродуктивных коров разного уровня продуктивности в условиях племенных заводов Удмуртской Республики // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2020. № 4(84). С. 286-290. [Yakimova VYu, Martynova EN. Economic and biological features of highly productive cows of different productivity levels in the conditions of breeding plants of the Udmurt Republic. Izvestia Orenburg State Agrarian University. 2020;4(84):286-290. (*In Russ.*)].

References

1. Velmatov AP, Abushaev R, Tishkina TN. The correlation of economically useful traits and their usage in practical breeding. Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy. 2021;1(53):143-149. doi: 10.18286/1816-4501-2021-1-143-149
2. Davydova AS, Fedosenko EG. Highly productive cows as a biological reserve of the herd. Agrarian Bulletin of the non-Chernozem region. 2022;2(6):17-21. doi: 10.52025/2712-8679_2022_02_17
3. Ignatyeva LP, Sermyagin AA. Length of productive life the cows of Simmental breed. Agrarian Bulletin of the Urals. 2021;10 (213): 31-39. doi: 10.32417/1997-4868-2021-213-10-31-39
4. Konte AF, Karlikova GG. Parameters of variability of indicators of physique and productivity of Holstein cows depending on the level of milk yield. Agrarian Bulletin of the Urals. 2022;6(221):37-48. doi: 10.32417/1997-4868-2022-221-06-37-48
5. Mulyavka KK, Ovchinnikova LYu. Evaluation of sires by the body conformation type of daughters in the conditions of a breeding farm. Animal Husbandry and Fodder Production. 2022;4(105):59-70. doi: 10.33284/2658-3135-105-4-59
6. Tarchokov TT et al. Productive and exterior features of Holstein and Holstinized cattle. The bulletin of Michurinsk state agrarian university. 2023;2(73):117-123.
7. Shishkina TV, Dmitrieva SYu, Kuznetsov AY, Appieva EJ. Milk yield of fresh cows as a factor determining the productivity and longevity of cows. Niva Povolzhya. 2022;3(63): 2001. doi: 10.36461/NP.2022.63.3.004
8. Sanova ZS. A forecast of productive longevity of Holstein cows by indirect signs. Journal of Dairy and Beef Cattle Breeding. 2020;4:22-26. doi: 10.33943/MMS.2020.55.90.006
9. Svyazhenina MA. Simmental cattle of Tyumen region. Izvestia Orenburg State Agrarian University. 2020;4(84):282-286.
10. Tatarkina NI, Svyazhenina MA, Ponomareva EA. The use of exterior assessment in the selection of Holstein cattle. Agrarian Bulletin of the Urals. 2023;10(23):81-90. doi: 10.32417/1997-4868-2023-23-10-81-90

11. Temirdasheva KA, Gukezhev VM. Factors for improving food security in dairy farming (review). *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2023;99(1):317-323. doi: 10.37670/2073-0853-2023-99-1-317-323
12. Sheveleva OM, Smirnova TN, Sukhikh NS. The influence of the level of milk productivity of cows of the first lactation on the longevity of cows and lifetime productivity // *Bulletin of the Buryat State Agricultural Academy named after. V.R. Filippov*. 2020;4(61):95-99. doi: 10.34655/bgsha.2020.61.4.015
13. Sheveleva OM, Svyazhenina MA. Selection and genetic parameters of productive traits and exterior characteristics of Black Spotted cattle in Western Siberia. *Dairy Bulletin*. 2021;2(42):95-106. doi: 10.52231/2225-4269_2021_2_95
14. Sheveleva OM, Svyazhenina MA, Chasovshchikova MA. Breeding and genetic parameters of selection of cows for dairy productivity in the improvement of the herd of cattle. *Bulletin of the Kurgan State Agricultural Academy*. 2023;1(45):60-68.
15. Sheveleva OM, Bakharev AA, Moscaleva AO. Exterior features of holstein breed of cows in the northern Trans-Urals. *Vestnik Bashkir State Agrarian University*. 2023;4(68):131-136. doi: 10.31563/1684-7628-2023-68-4-131-136
16. Sheveleva OM, Svyazhenina MA, Sukhanova SF, Danilenko IY. Exterior characteristics of Holstein cows in the conditions of the Northern Trans-Urals. *Proceedings of Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Education*. 2022;2(66):253-262. doi: 10.32786/2071-9485-2022-02-32
17. Yakimova VYu, Martynova EN. Economic and biological features of highly productive cows of different productivity levels in the conditions of breeding plants of the Udmurt Republic. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2020;4(84):286-290.

Информация об авторах:

Марина Александровна Часовщикова, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры технологии производства и переработки продукции животноводства, Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 625003, г. Тюмень, ул. Республики, 7, тел.: 8(3452)29-03-91.

Вера Валерьяновна Пунегова, магистрант, Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 625003, г. Тюмень, ул. Республики, 7, тел.: 8(3452)29-01-72.

Information about the authors:

Marina A Chasovshchikova, Dr. Sci. (Agriculture), Professor of Chair of Production Technology and Processing of Livestock Products, Northern Trans-Ural State Agricultural University, Republic Street, 7, Tyumen, 625003, tel.: 8(3452)29-03-91.

Vera V Punegova, master's student, Northern Trans-Ural State Agricultural University, Republic Street, 7, Tyumen, 625003, tel.: 8(3452)29-01-72.

Статья поступила в редакцию 02.05.2024; одобрена после рецензирования 27.05.2024; принята к публикации 10.06.2024.

The article was submitted 02.05.2024; approved after reviewing 27.05.2024; accepted for publication 10.06.2024.

Научная статья

УДК 637.128

doi:10.33284/2658-3135-107-2-116

Качество молозива и молока коров разных пород при использовании пробиотика Зоонорм

Асмерет Эмбайе Гульбет¹, Харон Адиевич Амерханов², Ольга Игнатьевна Соловьева³

^{1,2,3}Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия

¹asmgulbet@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0007-4526-4500>

²h.amerhanov@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3626-7316>

³milk-center@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6706-7491>

Аннотация. Исследование проведено с целью оценить влияние пробиотика Зоонорм на уровень иммуноглобулина молозива (IgG) и продуктивность молочных коров на ферме Калужской области в течение первых 100 дней лактации. Для опыта было сформировано три группы коров-первотелок разных молочных пород: красная горбатовская, холмогорская и голштинская породы. Каждая группа коров была подразделена на две подгруппы: контрольную и опытную. Опытная группа получала по 100 доз (850 мг) пробиотика Зоонорм на голову в сутки, за две недели до отёла и 5 дней после отёла. Установлено положительное влияние пробиотика на уровень содержания иммуноглобулина в молозиве коров, удой и состав молока независимо от принадлежности к породе. Средний уровень IgG молозива значительно превосходил в опытных группах по сравнению с контрольными. При первом доении уровень IgG в молозиве был выше на 29 г/л (30,1 %, $P \leq 0,001$), 26 г/л (27,4 %, $P \leq 0,001$) и 12 г/л (21,8 %, $P \leq 0,001$) у коров красной горбатовской, холмогорской и голштинской пород соответственно. Отмечалось значительное увеличение надоев молока за первые 100 дней лактации в опытных группах, так, в группе коров красной горбатовской это составило 214 кг (11,3 %, $P \leq 0,001$), холмогорской – 216 кг (10,1 %, $P \leq 0,001$) и голштинской – 212 кг (8,3 %, $P \leq 0,01$). Выявлена достоверная разность в показателях удоя разных пород коров: валовой удой коров голштинской породы был больше, чем у красной горбатовской и холмогорской на 651 кг (30,9 %, $P \leq 0,001$) и 393 кг (16,6 %, $P \leq 0,001$) соответственно в опытных группах. Более того, опытные группы значительно превосходили по процентному содержанию молочного жира, белка, СОМО и сухого вещества в молоке по сравнению с контрольной группой.

Ключевые слова: коровы, красная горбатовская порода, холмогорская порода, голштинская порода, кормление, пробиотики, молозиво, молоко, иммуноглобулин

Для цитирования: Гульбет А.Э., Амерханов Х.А., Соловьева О.И. Качество молозива и молока коров разных пород при использовании пробиотика Зоонорм // Животноводство и кормопроизводство. 2024. Т. 107, № 2. С. 116-127. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-107-2-116>

Original article

Quality of colostrum and milk from cows of different breeds when using Zoonorm probiotic

Asmeret E Gulbet¹, Kharon A Amerkhanov², Olga I Soloveva³

^{1,2,3}Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia

¹asmgulbet@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0007-4526-4500>

²h.amerhanov@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3626-7316>

³milk-center@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6706-7491>

Abstract. The study was conducted to evaluate the effect of Zoonorm probiotic on the colostrum immunoglobulin (IgG) level and the productivity of dairy cows at the farm in the Kaluga region during the first 100 days of lactation. Three groups of first-calf cows of different dairy breeds were formed for the

experiment: Red Gorbатов, Kholmogor and Holstein. Each group of cows was divided into two subgroups: control and experimental. The experimental group received 100 doses (850 mg) of the probiotic Zoonorm per animal per day, two weeks before calving and 5 days after calving. A positive effect of the probiotic on the immunoglobulin level in the colostrum of cows, milk yield and milk composition has been established regardless of breed. The average colostrum IgG level was significantly higher in the experimental groups compared to the control groups. At the first milking, the level of IgG in colostrum was higher by 29 g/l (30.1%, $P \leq 0.001$), 26 g/l (27.4%, $P \leq 0.001$) and 12 g/l (21.8%, $P \leq 0.001$) in cows of the Red Gorbатов, Kholmogor and Holstein breeds, respectively. There was a significant increase in milk yield during the first 100 days of lactation in the experimental groups, that in the group of Red Gorbатов cows it was 214 kg (11.3%, $P \leq 0.001$), Kholmogor 216 kg (10.1%, $P \leq 0.001$) and Holstein 212 kg (8.3%, $P \leq 0.01$). A significant difference in the milk yield of different breeds of cows was revealed: the gross milk yield of Holstein cows was greater than the Red Gorbатов and Kholmogor cows by 651 kg (30.9%, $P \leq 0.001$) and 393 kg (16.6%, $P \leq 0.001$), respectively in experimental groups. Moreover, the experimental groups were significantly superior in the percentage of milk fat, protein, solids-not-fat (SNF) and total solids (TS) contents compared to the control group.

Keywords: cows, Red Gorbатов breed, Kholmogor breed, Holstein breed, feeding, probiotics, colostrum, milk, immunoglobulin

For citation: Gulbet AE, Amerkhanov KhA, Soloveva OI. Quality of colostrum and milk from cows of different breeds when using Zoonorm probiotic. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2024;107(2):116-127. (In Russ.). <https://doi.org/10.33284/2658-3135-107-2-116>

Введение.

В быстро меняющихся условиях из-за растущего мирового населения, нехватки пахотных земель и изменения климата существует острая необходимость в передовых подходах для улучшения здоровья и повышения продуктивности коров, следовательно, для обеспечения устойчивого развития молочного производства (Britt JH et al., 2018). Воздействие условно-патогенных микроорганизмов влияет на физиологический статус животных, продуктивность, метаболизм в рубце, микробиоту кишечника и усвояемость питательных веществ в целом. В этом смысле использование микробиологических добавок с пробиотическими, пребиотическими и симбиотическими свойствами является жизненно важным подходом для улучшения системы кормления высокопродуктивных коров (Морозова Л.А и др., 2016). В животноводстве в последнее время возросло использование натуральных, доступных добавок на основе пробиотиков для поддержки роста, развития и здоровья животных. Использование пробиотиков в кормлении крупного рогатого скота в технологии производства молока для поддержания их общего здоровья, повышении иммунитета, улучшения работы желудочно-кишечного тракта в целом и отдела тонкого кишечника в частности, способствует повышению эффективности роста, развития молодняка и качества продукции (Sharma S et al., 2018; Silva DR et al., 2020).

«Пробиотики — это живые полезные бактерии, которые при введении в адекватных количествах приносят пользу для здоровья животного, колонизируя желудочно-кишечный тракт и помогая нативной микрофлоре, уже присутствующей в пищеварительной системе животного» (Hill S et al., 2014; Bajagai YS et al., 2016). Пробиотики безопасны для организма, поскольку состоят из живых бактерий нормальной кишечной флоры. Эти бактерии вырабатывают вещества, которые являются биологически активными и могут способствовать росту нормальной флоры желудочно-кишечного тракта, сохраняя её в состоянии динамического баланса. В отличие от антибиотиков, их механизм действия направлен не на уничтожение, а на исключение условно-патогенных бактерий из микробиоты кишечника, тогда как пробиотики, нейтрализуя вредные бактерии, сохраняют полезные (Zhang N et al., 2020; Fernández-Ciganda S et al., 2022; Guo Y et al., 2022).

При правильной организации выращивания молодняка возможно повысить его сохранность и увеличить продуктивность крупного рогатого скота. Отсутствие иммунитета у новорождённых телят служит причиной высокой заболеваемости. Для них молозиво является единственным источником иммуноглобулинов (Ig), обеспечивающих иммунологическую защиту и получение пассивного иммунитета в первые месяцы жизни. Пробиотики способствуют повышению уровня иммуноглобулинов в молозиве коров, что увеличивает резистентность молодняка (Гумеров А.Б. и др., 2018; Эленшлегер А.А. и Утц С.А., 2020; Trebukhov AV et al., 2022).

Помимо питательной ценности, молозиво содержит множество иммуноглобулинов, которые помогают развивать нативную иммунную систему новорождённых телят, класс IgG является наиболее важным для передачи иммунитета (Xu H et al., 2017; Гумеров А.Б. и др., 2018).

В результате исследований Karamayev SV с коллегами (2019) установлено, что у молочных коров породные характеристики и генетический потенциал влияют на качество первого удоя молозива. Качество молозива снижалось с увеличением молочной продуктивности, независимо от породы животных. Было обнаружено, что показатели, описывающие качество молозива и количество удоёв, находятся в обратной зависимости. Заболеваемость новорождённых телят возрастает при ухудшении качества молозива, особенно при снижении содержания иммуноглобулинов. В конечном счёте, это сказывается на росте и развитии молодняка.

Качество молозива является важным требованием для выработки иммунитета у телёнка. Это особенно актуально для первой фракции молозива после отёла. Поскольку продуктивность коров растёт во всем мире, наблюдается соответствующее увеличение количества молозива при первом удое с более низкой концентрацией иммуноглобулина (Karamayev SV et al., 2019).

Исследования учёных, проведённые с использованием пробиотиков в лечении животных, показали также положительное влияние на удой коров (Nasiri AH et al., 2019; Nalla K et al., 2022) и репродуктивную функцию (Nasiri AH et al., 2019). Скармливание коровам пробиотиков улучшило выработку молока, а также процентное содержание молочного жира и белка (Морозова Л.А. и др., 2016; Смирнова Ю.М. и др., 2020; Nalla K et al., 2022), благоприятно повлияло на содержание сухого вещества и минеральный состав молозива (молока) (Амерханов Х.А. и др., 2022) и профилактику заболеваний. При использовании пробиотиков в кормлении коров повышается сопротивляемость организма, нормализуется состав микрофлоры кишечника и более эффективно используется кормовой белок, что способствует сохранению животных и получению более жизнеспособного молодняка (Соловьева О.И. и др., 2023).

Благотворное воздействие микробиологических препаратов на организм животных подтверждено многими авторами на основе проведённых научных исследований и экономических расчётов. В публикациях отмечается, что улучшаются качество, усвояемость и конверсия кормов, повышаются продуктивность и ускоряется рост животных при одновременном снижении производственных затрат. По сообщению Xu H с соавторами (2017), пробиотики увеличивают особенно относительное количество полезных организмов, которые помогают предотвратить проникновение патогенов в желудочно-кишечный тракт. Пробиотики используются для улучшения пищеварения, предотвращения вздутия живота, снижения заболевания диарей и защиты от инфекционных заболеваний.

В исследованиях Xu H с коллегами (2017), проведённых на коровах голштинской породы, установлено, что при использовании пробиотиков *Lactobacillus casei* Zhang и *Lactobacillus plantarum* P-8 значительно увеличивалось содержание молочного иммуноглобулина G (IgG), лактоферрина, лизоцима и лактопероксидазы.

По данным Бакаевой Л.Н. с соавторами (2019), состав молозива меняется в зависимости от времени его получения. При каждом последующем доении содержание иммуноглобулинов в молозиве снижается, поскольку после отёла прекращается после отёла прекращается их поступление в клетки секреторного эпителия альвеол вымени.

Исследователи также отметили улучшение качества производства молока, в связи с влиянием преминением пробиотиков. В эксперименте, проведённом Suntara C с коллегами (2021) на лактирующих коровах голштинской породы, отмечают, что введение комбикорма, приготовленного с использованием Crabtree-негативных дрожжей (*P. kudriavzevii* KCU20 и *C. tropicalis* KCU20), повышало содержание молочного белка. Это связано с возрастанием количества полезных микробов в рубце, что также увеличивает количество микробного белка.

В результате исследований (Trebukhov AV et al., 2022) выявлено снижение уровня иммуноглобулинов с каждым последующим днём лактации. Установлено, что применение пробиотиков повышало уровень иммуноглобулинов в молозиве на 31,4 % в первый день лактации и на второй день – на 14,1 %. Таким образом, молозиво от коров, получавших пробиотики, имеет более высокий уровень иммуноглобулинов, что повышает резистентность и сохранность молодняка.

Ряд исследователей отмечают положительное влияние пробиотиков на продуктивные качества коров (Ху Н et al., 2017; Смирнова Ю.М. и др., 2020; Godden SM et al., 2019). Более того, Смирнова Ю.М. с соавторами (2020) отметили, что добавление пробиотиков Румит и Целобактерин+ в рацион первотёлок повышало среднесуточный удой на 2,7 и 1,9 кг соответственно, а валовой удой был выше на 207 и 151 кг, увеличение массовой доли жира молока – на 0,07 %. Валовой удой по базовой жирности также был выше на 11,3 и 4,7 % соответственно.

Цель исследования.

Изучить влияние пробиотика Зоонорм на уровень иммуноглобулина молозива и продуктивность коров разных пород.

Материалы и методы исследования.

Объект исследования. Коровы-первотёлки молочных пород: красная горбатовская (n=10), холмогорская (n=10) и голштинская (n=10).

Обслуживание животных и экспериментальные исследования были выполнены в соответствии с инструкциями и рекомендациями нормативных актов: Модельный закон Межпарламентской Ассамблеи государств-участников Содружества Независимых Государств "Об обращении с животными", ст. 20 (постановление МА государств-участников СНГ № 29-17 от 31.10.2007 г.). При проведении исследований были предприняты меры для обеспечения минимума страданий животных и уменьшения количества исследуемых опытных образцов.

Схема исследований. Исследование проводили на ферме «Индивидуальный предприниматель Глава КФХ Ключко Ольга Дмитриевна» в Калужской области в течение первых 100 дней лактации 2023-2024 гг. Каждая группа коров одной породы была подразделена на две подгруппы: контрольную и опытную. В каждой подгруппе – по 5 голов коров. Контрольная группа получала основной рацион без пробиотика, а опытная группа – дополнительно по 100 доз (850 мг) пробиотика Зоонорм на голову в сутки, за две недели до отёла и 5 дней после отёла. Пробиотик (в виде порошка) скармливали индивидуально каждой корове перед вечерним доением.

Рацион коров разработан с использованием норм ВИЖа, структура рациона соответствовала нормам потребления коров в данный период лактации.

Препарат Зоонорм содержит лиофилизированную микробную массу живых бактерий штамма *Bifidobacterium bifidum* №1, сорбированных на частицах измельчённого активированного угля и наполнителя лактозы. В одной дозе препарата содержится 10 млн колониеобразующих единиц бифидобактерий (1×10^7 КОЕ).

В технологии содержания предусматривался моцион коров после утреннего доения зимой на 2 часа. Летом – пастба на прифермерских пастбищах. Доение проводили два раза в сутки, утром и вечером.

Образцы первого молозива у каждого животного собирали от 40 минут до 1 часа после отёла, в зависимости от состояния животного. Молозиво второго и третьего доения отбирали после очередного доения коров. Анализ на содержание иммуноглобулина проводили с помощью колострометра после каждого получения молозива.

Учёт и оценку количества и качества молока проводили методом контрольного доения регулярно три раза в месяц, 1 раз в декаду.

Оборудование и технические средства. Для определения количества надоя молока использовали оборудование УЗМ (ВИЭСХ, Россия), качественный состав молока (процентное содержание жира, белка, СОМО, сухое вещество и плотности) определяли в лаборатории кафедры молочного и мясного скотоводства РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева анализатором молока "Клевер 2" (Агросервер, Россия).

Статистическая обработка. Анализ данных проводился с помощью офисного программного комплекса «Microsoft Office» («Microsoft», США) с применением «Excel» («Microsoft», США) и «GenStat» («VSN International Ltd», Великобритания). Различия значимости между групповыми средствами были проверены с использованием t-критерия и ANOVA. Критический уровень значимости принимался $P \leq 0,05$.

Результаты исследований.

В результате проведённого исследования выявлено, что средний уровень IgG молозива достоверно превосходил показатель в опытных группах по сравнению с контрольными независимо от принадлежности к породе (табл. 1).

Таблица 1. Средний уровень иммуноглобулин в молозиве коров, г/л, ($X \pm Sx$, $n=30$)
Table 1. Average level of immunoglobulin in cow colostrum, g/l, ($X \pm Sx$, $n=30$)

Образец молозива / Colostrum sample	Группы / Groups	Порода / breed		
		красная горбатовская / Red Gorbatov	холмогорская / Kholmogor	голштинская / Holstein
1-й доение / 1-st milking	контрольная / control	96,6 $\pm$ 0,53	94,9 $\pm$ 0,64	55,2 $\pm$ 0,46
	опытная / experimental	125,7 $\pm$ 0,54 ^a	120,9 $\pm$ 0,64 ^b	67,2 $\pm$ 0,49 ^c
2-й доение / 2-nd milking	контрольная / control	81,0 $\pm$ 0,35	74,6 $\pm$ 0,40	48,3 $\pm$ 0,28
	опытная / experimental	99,9 $\pm$ 0,75 ^a	89,6 $\pm$ 0,58 ^b	56,3 $\pm$ 0,54 ^c
3-й доение / 3-rd milking	контрольная / control	56,9 $\pm$ 0,36	45,6 $\pm$ 0,23	36,5 $\pm$ 0,57
	опытная / experimental	67,8 $\pm$ 0,72 ^a	53,8 $\pm$ 0,72 ^b	42,3 $\pm$ 0,54 ^c

Примечание: ^a – $P \leq 0,001$ разность между опытной и контрольной группой красной горбатовской породы; ^b – $P \leq 0,001$ разность между опытной и контрольной группой холмогорской породы; ^c – $P \leq 0,001$ разность между опытной и контрольной группой голштинской породы.

Note: ^a – $P \leq 0,001$ difference between the experimental and control groups of the Red Gorbatov breed; ^b – $P \leq 0,001$ difference between the experimental and control groups of Kholmogor breeds; ^c – $P \leq 0,001$ difference between the experimental and control groups of the Holstein breed

При первом доении уровень IgG в молозиве коров красной горбатовской породы был выше на 29 г/л ($P \leq 0,001$), 26 г/л ($P \leq 0,001$) – у коров холмогорской и 12 г/л ($P \leq 0,001$) – у коров голштинской пород соответственно. При втором доении уровень IgG в молозиве коров красной горбатовской породы опытной группы был выше на 18,9 г/л, у коров холмогорской породы опытной группы – на 15 г/л и на 8 г/л больше – у коров опытной группы голштинской породы. При третьем доении коров содержание IgG в молозиве коров опытной группы снизился на 10,9 г/л, 8,2 г/л, 5,8 г/л у коров красной горбатовской, холмогорской и голштинской пород соответственно по сравнению с контрольной группой.

Для оценки эффективности применения пробиотика у молочных коров одним из основных критериев является удой. Была проведена оценка среднесуточного удоя коров в течение первых 100 дней лактации (табл. 2).

Таблица 2. Молочная продуктивность коров за 100 дней лактации, кг ($X \pm Sx$, $n=30$)
Table 2. Milk productivity of cows during 100 days of lactation, kg ($X \pm Sx$, $n=30$)

Месяц лактации / Lactation month	Группы / Groups	Порода/ breed		
		красная горбатовская/ Red Gorbatov	холмогорская / Kholmogor	голштинская / Holstein
1-й / 1-st	контрольная / control	17,37 $\pm$ 0,45	19,83 $\pm$ 0,44	23,70 $\pm$ 0,52
	опытная / experimental	19,55 $\pm$ 0,37 ^a	22,00 $\pm$ 0,45 ^b	25,84 $\pm$ 0,53 ^c
2-й / 2-nd	контрольная / control	20,90 $\pm$ 0,46	23,64 $\pm$ 0,39	27,71 $\pm$ 0,50
	опытная / experimental	23,05 $\pm$ 0,33 ^a	25,8 $\pm$ 0,36 ^b	29,84 $\pm$ 0,54 ^c
3-й / 3-rd	контрольная / control	18,47 $\pm$ 0,36	20,97 $\pm$ 0,53	24,93 $\pm$ 0,59
	опытная / experimental	20,55 $\pm$ 0,32 ^a	23,10 $\pm$ 0,41 ^b	27,04 $\pm$ 0,50 ^c
Всего надой за 100 дней / Total milk yield in 100 days	контрольная / control	1890 $\pm$ 37,00	2146 $\pm$ 40,60	2543 $\pm$ 47,90
	опытная / experimental	2104 $\pm$ 30,30 ^{a*}	2362 $\pm$ 36,70 ^{b*}	2755 $\pm$ 47,00 ^{c*}

Примечание: ^{a*} – $P \leq 0,001$, ^a – $P \leq 0,01$ разность между опытной и контрольной группой красной горбатовской породы; ^{b*} – $P \leq 0,001$, ^b – $P \leq 0,01$ разность между опытной и контрольной группой холмогорской породы; ^{c*} – $P \leq 0,01$ ^c – $P \leq 0,05$ разность между опытной и контрольной группой голштинской породы.

Note: ^{a*} – $P \leq 0,001$, ^a – $P \leq 0,01$ difference between the experimental and control groups of the Red Gorbatov breed; ^{b*} – $P \leq 0,001$, ^b – $P \leq 0,01$ difference between the experimental and control groups of Kholmogor breeds; ^{c*} – $P \leq 0,01$ ^c – $P \leq 0,05$ difference between the experimental and control groups of the Holstein breed.

Установлено, что среднесуточный удой коров в опытных группах достоверно превосходил удой коров контрольных групп в первый месяц лактации на 2,2-2,1 кг у коров красной горбатовской, холмогорской и голштинской пород, на втором и третьем месяцах лактации динамика превосходства сохраняется на уровне 2,1-2,2 кг соответственно по всем опытным группам.

Показатели качественного состава молока у коров представлены в таблице 3. В результате проведенного исследования установлено, что опытные группы значительно превосходили по процентному содержанию молочного жира, белка, СОМО, сухого вещества и плотности молока контрольные группы в течение всего периода эксперимента. Среднее процентное содержание жира в опытных группах было выше на 0,37 усл. ед. ($P \leq 0,001$), 0,36 усл. ед. ($P \leq 0,001$) и 0,28 усл. ед. ($P \leq 0,001$) по сравнению с контрольной группой у коров красной горбатовской, холмогорской и голштинской пород соответственно. Аналогичным образом среднее процентное содержание белка в опытной группе было значительно выше, чем в контрольной группе, на 0,15 усл. ед. ($P \leq 0,001$), 0,13 усл. ед. ($P \leq 0,001$) и 0,10 усл. ед. ($P \leq 0,001$) для соответствующих пород коров. Кроме того, опытные группы превосходили контрольных по среднему содержанию сухих веществ в молоке на 0,60 усл. ед. ($P \leq 0,001$), 0,55 усл. ед. ($P \leq 0,001$) и 0,82 усл. ед. ($P \leq 0,001$) для соответствующих пород коров. Значения СОМО и плотности также показали существенные различия между контрольной и опытной группами независимо от породы коров.

Таблица 3. Физико-химические показатели молока, ($X \pm S_x$, $n=30$)Table 3. Physico-chemical parameters of milk, ($X \pm S_x$, $n=30$)

Показатель / Parameter	Порода/ breed					
	красная горбатовская / Red Gorbatov		холмогорская / Kholmogor		голштинская / Holstein	
	контроль- ная / control	опытная / experimental	контроль- ная / control	опытная / experimental	контроль- ная / control	опытная / experimental
1-й месяц лактации / 1-st month of lactation						
МДЖ, %/MF, %	3,92±0,022	4,27±0,023 ^a	3,65±0,027	3,98±0,029 ^b	3,60±0,034	3,85±0,029 ^c
МДБ, %/MP, %	3,27±0,011	3,41±0,014 ^a	3,20±0,016	3,32±0,011 ^b	2,99±0,020	3,08±0,016 ^{c*}
Плотность, °A/Density, °A	29,17±0,043	29,47±0,032 ^a	29,36±0,043	29,64±0,038 ^b	29,59±0,038	29,85±0,034 ^c
СОМО, %/SNF, %	8,72±0,016	8,93±0,020 ^a	8,67±0,025	8,86±0,020 ^b	8,47±0,020	8,64±0,025 ^c
Сухое вещество, % Total solids, %	12,65±0,027	13,21±0,030 ^a	12,33±0,040	12,85±0,010 ^b	12,07±0,042	12,47±0,038 ^c
2-й месяц лактации / 2-nd month of lactation						
МДЖ, %/MF, %	3,81±0,025	4,19±0,020 ^a	3,51±0,029	3,88±0,025 ^b	3,44±0,034	3,74±0,034 ^c
МДБ, %/MP, %	3,23±0,016	3,38±0,011 ^a	3,15±0,016	3,28±0,011 ^b	2,93±0,011	3,03±0,016 ^c
Плотность, °A/Density, °A	29,29±0,038	29,57±0,034 ^a	29,50±0,038	29,75±0,034 ^b	29,74±0,043	29,91±0,038 ^{c*}
СОМО, %/SNF, %	8,68±0,025	8,90±0,020 ^a	8,62±0,020	8,82±0,016 ^b	7,87±0,020	8,59±0,016 ^c
Сухое вещество, % Total solids, %	12,49±0,049	13,10±0,040 ^a	12,14±0,010	12,70±0,040 ^b	11,31±0,036	12,32±0,036 ^c
3-й месяц лактации / 3-rd month of lactation						
МДЖ, %/MF, %	3,78±0,025	4,17±0,025 ^a	3,47±0,025	3,85±0,025 ^b	3,39±0,034	3,70±0,029 ^c
МДБ, %/MP, %	3,22±0,011	3,37±0,016 ^a	3,13±0,020	3,26±0,016 ^b	2,90±0,020	3,01±0,016 ^{c*}
Плотность, °A/Density, °A	29,42±0,038	29,68±0,034 ^a	29,65±0,043	29,87±0,038 ^b	29,90±0,043	30,12±0,038 ^{c*}
СОМО, %/SNF, %	8,65±0,016	8,88±0,011 ^a	8,58±0,020	8,79±0,016 ^b	7,82±0,020	8,55±0,025 ^c
Сухое вещество, % Total solids, %	12,43±0,040	13,05±0,013 ^a	12,06±0,034	12,63±0,010 ^b	11,20±0,041	12,25±0,038 ^c
В среднем за 100 дней лактации / on average, for 100 days of lactation						
МДЖ, %/MF, %	3,84±0,023	4,21±0,022 ^a	3,54±0,026	3,90±0,025 ^b	3,48±0,031	3,76±0,028 ^c
МДБ, %/MP, %	3,24±0,014	3,39±0,013 ^a	3,16±0,018	3,29±0,012 ^b	2,94±0,016	3,04±0,015 ^c
Плотность, °A/Density, °A	29,29±0,040	29,57±0,033 ^a	29,50±0,042	29,75±0,038 ^b	29,74±0,045	29,96±0,035 ^c
СОМО, %/SNF, %	8,68±0,020	8,90±0,018 ^a	8,62±0,021	8,82±0,016 ^b	8,05±0,025	8,59±0,024 ^c
Сухое вещество, % Total solids, %	12,52±0,038	13,12±0,028 ^a	12,18±0,029	12,73±0,025 ^b	11,53±0,037	12,35±0,034 ^c

Примечание: ^a – $P \leq 0,001$ разность между опытной и контрольной группой красной горбатовской породы; ^b – $P \leq 0,001$ разность между опытной и контрольной группой холмогорской породы; ^c – $P < 0,001$, ^{c*} – $P \leq 0,01$ разность между опытной и контрольной группой голштинской породы.

Note: ^a – $P \leq 0,001$ difference between the experimental and control groups of the Red Gorbatov breed; ^b – $P \leq 0,001$ difference between the experimental and control groups of Kholmogor breeds; ^c – $P < 0,001$ ^{c*} – $P \leq 0,001$, ^{c*} – $P \leq 0,01$ difference between the experimental and control groups of the Holstein breed.

Обсуждение полученных результатов.

Иммунный статус молозива снижается со временем после отёла, поэтому очень важно учитывать это при кормлении им новорождённых телят. Следовательно, первое доение лучше всего проводить вскоре после отёла. В противном случае начало лактогенеза может привести к снижению концентрации IgG в молозиве. Было установлено, что при каждом последующем доении, как в контрольной, так и в опытной группах отмечалось снижение уровня иммуноглобулинов в молозиве. Это согласуется с другими литературными данными (Бакаева Л.Н. и др., 2019; Trebukhov AV et al., 2022). При первом доении уровень IgG в молозиве коров красной горбатовской породы был выше на 30,1 % ($P \leq 0,001$), 27,4 % ($P \leq 0,001$) – у коров холмогорской и 21,8 % ($P \leq 0,001$) – коров голштинской пород соответственно.

При втором доении уровень IgG в молозиве коров красной горбатовской породы опытной группы был выше на 23,3 %, у коров холмогорской породы опытной группы – на 26,1 % и на 16,6 % больше – у коров опытной группы голштинской породы. При третьем доении коров содержание IgG в молозиве коров опытной группы было выше на 19,2 %, 18,0 %, 15,9 % у коров красной горбатовской, холмогорской и голштинской пород соответственно по сравнению с контрольной группой.

Причём установлено, что самый высокий уровень иммуноглобулина молозива в первое доение отмечается у коров породы красной горбатовской – 125,7 г/л, а самый низкий показатель у коров голштинской породы – 67,2 г/л опытных групп. Разность показателя уровня иммуноглобулина, как при первом, так и последующих двух доений достоверна ($P \leq 0,001$). Во втором доении уровень иммуноглобулина у коров красной горбатовской породы составил 99,9 г/л, что на 43,6 г/л больше, чем у коров голштинской породы опытных групп. В третьем доении содержание иммуноглобулина у коров красной горбатовской породы равнялось 67,8 г/л, что больше на 25,5 г/л, чем у коров голштинской породы.

В наших исследованиях в первое доение практически в каждой опытной группе получено большее содержание иммуноглобулина, чем нижняя граница использования молозива, рекомендуемая при выпаивании новорождённому теленку – уровень иммуноглобулинов должен быть не менее 50 мг/мл для получения пассивного иммунитета. Чтобы обеспечить новорожденному телёнку адекватный уровень иммунной защиты и устойчивости к болезням, молозиво должно передавать ему достаточное количество IgG (Karamayev SV et al., 2019). Таким образом, пассивный иммунитет может сформироваться при получении высококачественного молозива с концентрацией IgG ≥ 50 мг/мл (Lopez AJ and Heinrichs AJ, 2022). Использование пробиотика Зоонорм в кормлении коров за 2 недели до отёла позволило получить молозиво хорошего качества у коров, особенно у красной горбатовской и холмогорской пород, и составило во 2 и 3 доение выше, чем 50 мг/мл, только у коров голштинской породы этот показатель оказался во 2 доение чуть выше, чем 50 мг/мл и в 3 доение уже был ниже 50 мг/мл.

Таким образом, применение пробиотика Зоонорм в кормлении коров разных пород за 2 недели до отёла способствовало повышению уровня молозива при 3-разовом их доении в течение суток.

Применение пробиотиков в кормлении коров также положительно влияет на молочную продуктивность и качественный состав молока, так, в нашем эксперименте практически у всех коров опытной группы произошло увеличение удоя в первые 100 дней лактации. При использовании пробиотического препарата Зоонорм происходит увеличение надоев молока за первые 100 дней лактации, причём валовый удой опытных групп превосходил контрольные на 214 кг (11,3 %, $P \leq 0,001$), 216 кг (10,1 %, $P \leq 0,001$) и 212 кг (8,3 %, $P \leq 0,01$) для соответствующих пород. Это согласуется с сообщениями других учёных (Морозова Л.А. и др., 2016; Nasiri AH et al., 2019; Смирнова Ю.М. и др., 2020), что скормливание коровам пробиотика способствовало увеличению надоя молока.

Выявлена достоверная разница в показателях удоя разных пород коров: самый высокий средний удой был зафиксирован у коров голштинской породы, как у породы, признанной в мире самой высокопродуктивной.

Установлено, что среднесуточный удой коров в опытных группах был значительно выше по сравнению с контрольной группой в первый месяц лактации на 12,6 %, 10,9 % и 9,0 % у коров красной горбатовской, холмогорской и голштинской пород соответственно. Далее на втором и третьем месяцах лактации отмечается достоверное превосходство удоя коров опытной группы над удоём коров контрольной группы по среднесуточным удоям, независимо от породы коров. У коров красной горбатовской, холмогорской и голштинской пород этот показатель был выше на 10,3 %, 9,1 % и 7,7 % на втором месяце лактации и на 11,3 %, 10,2 %, 8,5 % – на третьем месяце лактации соответственно.

Удой коров красной горбатовской породы отмечается более высоким процентным содержанием молочного жира достоверно большим на 0,31 и 0,45 усл. ед. ($P \leq 0,001$), чем у коров холмогорской и голштинской пород соответственно в опытных группах и равняется 4,21 %, по среднему процентному содержанию белка – на 0,10 и 0,35 усл. ед. ($P \leq 0,001$) соответствующих пород и равняется 3,39 %.

Кроме породных особенностей коров, имеющих разное процентное содержание жира и белка в молоке, в опытных группах при использовании пробиотика в кормлении коров активизируются восстановительные и метаболические процессы в слизистых оболочках кишечника, пристеночное пищеварение, отмечается увеличение популяции полезных микроорганизмов в рубце, то есть при норме рН рубца 6,4-6,8 и соотношению уксусной и пропионовой кислот 65:20 происходит увеличение содержания микробного сырого белка (Nalla K et al., 2022).

Наибольшее среднее содержание общего сухого вещества отмечено в молоке коров породы красной горбатовской опытной группы, которое было больше на 0,39 усл. ед. и 0,77 усл. ед. ($P \leq 0,001$) по сравнению с коровами холмогорской и голштинской породы соответственно, и равно 13,12 %.

Показатели СОМО и плотности молока также значительно различаются у пород как в контрольной, так и в опытных группах. Это согласуется с данными литературных источников (Вафин И.Т и др., 2019; Смирнова Ю.М и др., 2020; Nalla K et al., 2022), сообщивших, что скормливание коровам пробиотиков улучшило процентное содержание молочного жира и белка.

Заключение.

В результате проведённых исследований было установлено, что использование пробиотика Зоонорм в кормлении коров в сухостойный период за 2 недели до отёла и 5 суток после отёла положительно повлияло на достоверное увеличение уровня IgG молозива в опытной группе в сравнении с контрольной группой по всем породам: в первое доение содержание IgG в молозиве у коров красной горбатовской, холмогорской и голштинской пород было выше на 29 г/л (30,1 %), 26 г/л (27,4 %) и 12 г/л (21,8 %) соответственно. Наибольший показатель уровня иммуноглобулина отмечали у коров красной горбатовской породы в первое доение – 125,7 г/л.

Показатели среднего содержания жира и белка в молоке коров опытной красной горбатовской породы достоверно выше на 0,37 усл.ед жира и 0,15 усл. ед. белка, чем у коров контрольной группы и составили 4,21 % и 3,39 % соответственно.

Отмечена достоверная прибавка надоев молока в течение первых 100 дней лактации: валовой надой опытной группы превысил контроль на 192 кг (11,3 %), 194 кг (10,0 %) и 191 кг (8,4 %) у коров красной горбатовской, холмогорской и голштинской пород.

Список источников

1. Бакаева Л.Н., Карамаев С.В., Карамаева А.С. Содержание иммуноглобулинов в молозиве коров разных пород в зависимости от времени после отела // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 4. С. 34-39. [Bakayeva LN, Karamayev SV, Karamayeva AS. Content of immunoglobulins in colostrum of cows of different breeds depending on time after calving. Bulletin Samara State Agricultural Academy. 2019; 4:34-39. (In Russ.)].
2. Влияние пробиотика Зоонорм на качество молозива (молока) коров / Х.А. Амерханов, О.И. Соловьева, О.В. Селицкая, Э.Г. Асмерет, О.Н. Аксенова // Современное состояние и перспективы развития животноводства России и стран СНГ: коллективная монография. М.: РГАУ-МСХА, 2022. С. 37-41. [Amerhanov HA, Colov'eva OI, Selickaja OV, Asmeret JeG, Aksenova ON. Vliyanie probiotika Zoonorm na kachestvo moloziva (moloka) korov. Sovremennoe sostojanie i perspektivy razvitiya zhivotnovodstva Rossii i stran SNG: kolektivnaja monografija. Moscow: RGAU-MSHA; 2022:37-41. (In Russ.)].
3. Влияние экспериментальной пробиотической добавки на молочную продуктивность и качество молока коров / И.Т. Вафин, Г.Р. Юсупова, Ш.К. Шакиров, А.Х. Волков // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. НЭ Баумана. 2019. Т. 238. № 2. С. 42-46. [Vafin IT, Shakirov ShK, Yusupova GR, Volkov ACh. The effect of experimental probiotic supplements on milk production and milk quality of cows. Scientific Notes Kazan Bauman State Academy of Veterinary Medicine. 2019;238(2):42-46. (In Russ.)]. doi: 10.31588/2413-4201-1883-238-2-42-46
4. Гумеров А.Б., Горелик А.С., Кныш И.В. Влияние качества молозива и молока на сохранность и рост телят при применении ферментных препаратов. // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2018. № 2(51). С. 163-169. [Gumerov AB, Gorelik AS, Knysh IV. Influence of colostrum and milk quality on the preservation and growth of calves when applying enzyme preparations. Izvestiya Saint-Petersburg State Agrarian University. 2018;2(51):163-169. (In Russ.)].
5. Микробиота ЖКТ молозива зебувидных коров при использовании пробиотика в сухостойный период / О.И. Соловьева, Х.А. Амерханов, Н.Г. Рузанова, О.В. Селицкая, В.П. Упельник, О.В. Колесников // Наследие академика НВ Цицина: Ботанические сады. Отдаленная гибридизация растений и животных: материалы Всерос. науч. конф. с междунар. участием (г. Москва, 3-7 июля 2023 г.). М.: «ЗС-пресс», 2023. С. 165-166. [Solovyova OI, Amirkhanov HA, Ruzanova NG, Selitskaya OV, Upelnick VP, Kolesnikov OV. Microbiota of gastrointestinal chyme and colostrum of zebu cows when using probiotic in the dry period (Conference proceedings). The legacy of academician N.V. Tsitsin: Botanical gardens. Plants and animals wide hybridization: proceedings of all-Russian scientific conference with international participation (Moscow, July 3-7, 2023). Moscow: «ZS-press»; 2023:165-166. (In Russ.)]. doi: 10.35102/cbg.2023.91.49.002
6. Смирнова Ю.М., Литонина А.С., Платонов А.В. Эффективность использования пробиотиков в кормлении дойных коров // Вестник КРАСГАУ. 2020. № 9(162). С. 145-151. [Smirnova YuM, Litonina AS, Platonov AV. The efficiency of probiotics use in feeding dairy cows. Bulletin of KSAU. 2020;9(162):145-151. (In Russ.)]. doi: 10.36718/1819-4036-2020-9-145-151
7. Эленшлегер А.А., Утц С.А. Влияние пробиотика "Ветом 1.2" на уровень колострального иммунитета в молозиве коров и в крови новорожденных телят // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2020. № 5(187). С. 129-138. [Elenschleger AA, Utz SA. The effect of Vetom 1.2 probiotic product on the level of colostrum immunity in cow colostrum and in newborn calf blood. Bulletin of Altai State Agricultural University. 2020;5(187):129-138. (In Russ.)].
8. Эффективность использования микробиологических добавок в рационах стельных сухостойных коров / Л.А. Морозова, И.Н. Миколайчик Г.У. Абилева, Н.А. Субботина // Вестник КРАСГАУ. 2016. № 10(121). С. 192-199. [Morozova LA, Mikolaychik IN, Abileva GW, Subbotina NA. The efficiency of microbiological additives in pregnant dry cows' diets. Bulletin of KSAU. 2016;10(121):192-199. (In Russ.)].

9. Bajagai YS, Klieve AV, Dart PJ, Bryden WL. Probiotics in animal nutrition - Production, impact and regulation. FAO Animal Production and Health Paper No. 179. Rome. 2016.
10. Britt JH, Cushman RA, Dechow CD, Dobson H, Humblot P, Hutjens MF, Jones GA, Ruegg PS, Sheldon IM, Stevenson JS. Invited review: Learning from the future - A vision for dairy farms and cows in 2067. *Journal of Dairy Science*. 2018;101(5):3722-3741. doi: 10.3168/jds.2017-14025
11. Fernández-Ciganda S, Fraga M, Zunino P. Probiotic lactobacilli administration induces changes in the fecal microbiota of Preweaned dairy calves. *Probiotics and Antimicrobial Proteins*. 2022;14(5):804-815. doi: 10.1007/s12602-021-09834-z
12. Godden SM, Lombard JE, Woolums AR. Colostrum management for dairy calves. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*. 2019;35(3):535-556. doi: 10.1016/j.cvfa.2019.07.005
13. Guo Y, Li Z, Deng M, Li Y, Liu G, Liu D, Liu Q, Liu Q, Sun B. Effects of a multi-strain probiotic on growth, health, and fecal bacterial flora of neonatal dairy calves. *Animal Bioscience*. 2022;35(2):204-216. doi: 10.5713/ab.21.0084
14. Hill C, Guarner F, Reid G, Gibson GR, Merenstein DJ, Pot B, Morelli L, Canani RB, Flint HJ, Salminen S, Calder PC, Sanders ME. The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics consensus statement on the scope and appropriate use of the term probiotic. *Nat Rev Gastroenterol Hepatol*. 2014;11(8):506-514. doi: 10.1038/nrgastro.2014.66
15. Karamayev SV, Bakayeva LN, Balakirev NA, Demin VA, Karamayeva AS, Soboleva NV, Sycheva LV, Yuldashbayev YuA, Baimukanov DA. Quality of colostrum in dairy breed cows with different dairy productivity. *Bulletin the National academy of sciences of the Republic of Kazakhstan*. 2019;3(379):72-84. doi: 10.32014/2019.2518-1467.71
16. Lopez AJ, Heinrichs AJ. Invited review: The importance of colostrum in the newborn dairy calf. *Journal of Dairy Science*. 2022;105(4):2733-2749. doi: 10.3168/jds.2020-20114
17. Nalla K, Manda NK, Dhillon HS, Kanade SR, Rokana N, Hess M, Puniya AK. Impact of probiotics on dairy production efficiency. *Frontiers in Microbiology*. 2022;13:805963. doi: 10.3389/fmicb.2022.805963
18. Nasiri AH, Towhidi A, Shakeri M, Zhandi M, Dehghan-Banadaky M, Pooyan HR, Sehati F, Rostami F, Karamzadeh A, Khani M, Ahmadi F. Effects of *Saccharomyces cerevisiae* supplementation on milk production, insulin sensitivity and immune response in transition dairy cows during hot season. *Animal Feed Science and Technology*. 2019;251:112-123. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2019.03.007
19. Sharma C, Rokana N, Chandra M, Singh BP, Gulhane RD, Gill JP, Ray P, Puniya AK, Panwar H. Antimicrobial resistance: its surveillance, impact, and alternative management strategies in dairy animals. *Frontiers in Veterinary Science*. 2018;4:237. doi: 10.3389/fvets.2017.00237
20. Silva DR, Sardi JD, de Souza Pitangui N, Roque SM, da Silva AC, Rosalen PL. Probiotics as an alternative antimicrobial therapy: Current reality and future directions. *Journal of Functional Foods*. 2020;73:104080. doi: 10.1016/j.jff.2020.104080
21. Suntara C, Cherdthong A, Uriyapongson S, Wanapat M, Chanjula P. Novel Crabtree negative yeast from rumen fluids can improve rumen fermentation and milk quality. *Scientific Reports*. 2021;11:6236. doi: 10.1038/s41598-021-85643-2
22. Trebukhov AV, Utts SA, Bassauer GM, Kolina YA, Momot NV. The effect of “Vetom 1.2” probiotic preparation on the cows’ immunological status. In: *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2022;1043:012032. doi: 10.1088/1755-1315/1043/1/012032
23. Xu H, Huang W, Hou Q, Kwok LY, Sun Z, Ma H, Zhao F, Lee YK, Zhang H. The effects of probiotics administration on the milk production, milk components and fecal bacteria microbiota of dairy cows. *Science Bulletin*. 2017;62(11):767-774. doi: 10.1016/j.scib.2017.04.019
24. Zhang N, Wang L, Wei Y. Effects of *Bacillus amyloliquefaciens* and *Bacillus pumilus* on rumen and intestine morphology and microbiota in weanling Jintang black goat. *Animals*. 2020;10(9):1604. doi: 10.3390/ani10091604

References

1. Bakayeva LN, Karamayev SV, Karamayeva AS. Content of immunoglobulins in colostrum of cows of different breeds depending on time after calving. *Bulletin Samara State Agricultural Academy*. 2019;4:34-39.
2. Amerhanov HA, Solov'eva OI, Selickaja OV, Asmeret JeG, Aksenova ON. Effect of Zoonorm probiotic on the quality of cow colostrum (milk). *Current state and prospects of livestock breeding development in Russia and CIS countries: a collective monograph*. Moscow: RGAU-MSHA; 2022:37-41.
3. Vafin IT, Shakirov ShK, Yusupova GR, Volkov ACh. The effect of experimental probiotic supplements on milk production and milk quality of cows. *Scientific Notes Kazan Bauman State Academy of Veterinary Medicine*. 2019;238(2):42-46. doi: 10.31588/2413-4201-1883-238-2-42-46
4. Gumerov AB, Gorelik AS, Knysh IV. Influence of colostrum and milk quality on the preservation and growth of calves when applying enzyme preparations. *Izvestiya Saint-Petersburg State Agrarian University*. 2018;2(51):163-169.
5. Solovyova OI, Amirkhanov HA, Ruzanova NG, Selitskaya OV, Upelnik VP, Kolesnikov OV. Microbiota of gastrointestinal chyme and colostrum of zebu cows when using probiotic in the dry period (Conference proceedings) *The legacy of academician N.V. Tsitsin: Botanical gardens. Plants and animals wide hybridization: proceedings of all-Russian scientific conference with international participation (Moscow, July 3-7, 2023)*. Moscow: «ZS-press»; 2023:165-166. doi: 10.35102/cbg.2023.91.49.002
6. Smirnova YuM, Litonina AS, Platonov AV. The efficiency of probiotics use in feeding dairy cows. *Bulletin of KSAU*. 2020;9(162):145-151. doi: 10.36718/1819-4036-2020-9-145-151
7. Elenschleger AA, Utz SA. The effect of Vetom 1.2 probiotic product on the level of colostrum immunity in cow colostrum and in newborn calf blood. *Bulletin of Altai State Agricultural University*. 2020;5(187):129-138.
8. Morozova LA, Mikolaychik IN, Abileva GW, Subbotina NA. The efficiency of microbiological additives in pregnant dry cows' diets. *Bulletin of KSAU*. 2016;10(121):192-199.
9. Bajagai YS, Klieve AV, Dart PJ, Bryden WL. Probiotics in animal nutrition - Production, impact and regulation. *FAO Animal Production and Health Paper No. 179*. Rome. 2016.
10. Britt JH, Cushman RA, Dechow CD, Dobson H, Humblot P, Hutjens MF, Jones GA, Ruegg PS, Sheldon IM, Stevenson JS. Invited review: Learning from the future - A vision for dairy farms and cows in 2067. *Journal of Dairy Science*. 2018;101(5):3722-3741. doi: 10.3168/jds.2017-14025
11. Fernández-Ciganda S, Fraga M, Zunino P. Probiotic lactobacilli administration induces changes in the fecal microbiota of Preweaned dairy calves. *Probiotics and Antimicrobial Proteins*. 2022;14(5):804-815. doi: 10.1007/s12602-021-09834-z
12. Godden SM, Lombard JE, Woolums AR. Colostrum management for dairy calves. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*. 2019;35(3):535-556. doi: 10.1016/j.cvfa.2019.07.005
13. Guo Y, Li Z, Deng M, Li Y, Liu G, Liu D, Liu Q, Liu Q, Sun B. Effects of a multi-strain probiotic on growth, health, and fecal bacterial flora of neonatal dairy calves. *Animal Bioscience*. 2022;35(2):204-216. doi: 10.5713/ab.21.0084
14. Hill C, Guarner F, Reid G, Gibson GR, Merenstein DJ, Pot B, Morelli L, Canani RB, Flint HJ, Salminen S, Calder PC, Sanders ME. The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics consensus statement on the scope and appropriate use of the term probiotic. *Nat Rev Gastroenterol Hepatol*. 2014;11(8):506-514. doi: 10.1038/nrgastro.2014.66
15. Karamayev SV, Bakayeva LN, Balakirev NA, Demin VA, Karamayeva AS, Soboleva NV, Sycheva LV, Yuldashbayev YuA, Baimukanov DA. Quality of colostrum in dairy breed cows with different dairy productivity. *Bulletin the National academy of sciences of the Republic of Kazakhstan*. 2019;3(379):72-84. doi: 10.32014/2019.2518-1467.71
16. Lopez AJ, Heinrichs AJ. Invited review: The importance of colostrum in the newborn dairy calf. *Journal of Dairy Science*. 2022;105(4):2733-2749. doi: 10.3168/jds.2020-20114
17. Nalla K, Manda NK, Dhillon HS, Kanade SR, Rokana N, Hess M, Puniya AK. Impact of probiotics on dairy production efficiency. *Frontiers in Microbiology*. 2022;13:805963. doi: 10.3389/fmicb.2022.805963

18. Nasiri AH, Towhidi A, Shakeri M, Zhandi M, Dehghan-Banadaky M, Pooyan HR, Sehati F, Rostami F, Karamzadeh A, Khani M, Ahmadi F. Effects of *Saccharomyces cerevisiae* supplementation on milk production, insulin sensitivity and immune response in transition dairy cows during hot season. *Animal Feed Science and Technology*. 2019;251:112-123. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2019.03.007
19. Sharma C, Rokana N, Chandra M, Singh BP, Gulhane RD, Gill JP, Ray P, Puniya AK, Panwar H. Antimicrobial resistance: its surveillance, impact, and alternative management strategies in dairy animals. *Frontiers in Veterinary Science*. 2018;4:237. doi: 10.3389/fvets.2017.00237
20. Silva DR, Sardi JD, de Souza Pitanguí N, Roque SM, da Silva AC, Rosalen PL. Probiotics as an alternative antimicrobial therapy: Current reality and future directions. *Journal of Functional Foods*. 2020;73:104080. doi: 10.1016/j.jff.2020.104080
21. Suntara C, Cherdthong A, Uriyapongson S, Wanapat M, Chanjula P. Novel Crabtree negative yeast from rumen fluids can improve rumen fermentation and milk quality. *Scientific Reports*. 2021;11:6236. doi: 10.1038/s41598-021-85643-2
22. Trebukhov AV, Utts SA, Bassauer GM, Kolina YA, Momot NV. The effect of “Vetom 1.2” probiotic preparation on the cows’ immunological status. In: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2022;1043:012032. doi: 10.1088/1755-1315/1043/1/012032
23. Xu H, Huang W, Hou Q, Kwok LY, Sun Z, Ma H, Zhao F, Lee YK, Zhang H. The effects of probiotics administration on the milk production, milk components and fecal bacteria microbiota of dairy cows. *Science Bulletin*. 2017;62(11):767-774. doi: 10.1016/j.scib.2017.04.019
24. Zhang N, Wang L, Wei Y. Effects of *Bacillus amyloliquefaciens* and *Bacillus pumilus* on rumen and intestine morphology and microbiota in weanling Jintang black goat. *Animals*. 2020;10(9):1604. doi: 10.3390/ani10091604

Информация об авторах:

Асмерет Эмбайе Гульбет, аспирант кафедры молочного и мясного скотоводства, Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева, 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская 54, тел.: +79801446071.

Харон Адиевич Амерханов, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАН, Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева, 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская 54, тел.: +79857688349.

Ольга Игнатьевна Соловьева, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, и.о. заведующий кафедрой молочного и мясного скотоводства, Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева, 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская 54, тел.: +79151694168.

Information about the authors:

Asmeret E Gulbet, postgraduate student of the Department of Dairy and Beef Cattle Breeding. Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Timiryazev street 54, Moscow, 127550, Phone: +79801446071.

Kharon A Amerkhanov, Dr. Sci. (Agriculture), Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Timiryazev street 54, Moscow, 127550, Phone: +79857688349.

Olga I Soloveva, Dr. Sci. (Agriculture), Professor, Head Department of Dairy and Beef Cattle Breeding, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Timiryazev street 54, Moscow, 127550, Phone: +79151694168.

Статья поступила в редакцию 25.04.2024; одобрена после рецензирования 18.05.2024; принята к публикации 10.06.2024.

The article was submitted 25.04.2024; approved after reviewing 18.05.2024; accepted for publication 10.06.2024.

Научная статья

УДК 636.082.4:591.11

doi:10.33284/2658-3135-107-2-128

Интерьерные показатели коров голштино-фризской породы при сочетанном применении крезацина и половых гормонов

¹Ерлан Сагитович Медетов

¹Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, Оренбург, Россия

¹erlanmedetov29@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9424-4254>

Аннотация. В работе представлены результаты исследований показателей крови коров голштино-фризской породы при синхронизации половой охоты с использованием адаптогена – крезацина. Сформированы две группы не осеменённых коров по 21 голове в каждой. Всем животным провели синхронизацию половой охоты по схеме Ovsynch (1 сутки – рилизинг-гормон, 8 сутки – простагландин, 10 сутки – рилизинг-гормон и осеменение, 11 сутки – осеменение). Ежедневно в течение 11 суток коровам опытной группы скармливали по 2,5 г крезацина. Кровь для исследования брали в 1-е, 8-е и 11-е сутки. В ходе эксперимента наблюдались незначительные колебания гематологических показателей у коров обеих групп, не выходящие за пределы физиологической нормы. В этот же период произошло некоторое снижение уровня гемоглобина в крови коров контрольной группы (на 14,4 %). У коров опытной группы уровень гемоглобина в крови понизился весьма незначительно (на 2,7 %). Предположительно, применение крезацина оптимизирует процессы тканевого дыхания у животных. Отмечено некоторое снижение уровня глюкозы в сыворотке крови коров обеих групп к 8 суткам стимуляции, а затем значительное повышение его к моменту осеменения на 9,6-42,0 % по сравнению с предыдущим. Это свидетельствует о достаточной энергообеспеченности организма подопытных животных в период индукции полового цикла. Уровень прогестерона в крови коров к 8 суткам стимуляции повысился в обеих группах на 66,1-86,9 % по сравнению с исходным ($P \leq 0,01$). Затем, после инъекции эстрофана, уровень прогестерона снизился на 47,4-56,3 % ($P \leq 0,05$). Более значительное снижение этого показателя отмечено у коров опытной группы, т. е. получавших крезацин. Содержание фолликулостимулирующего гормона (ФСГ) в крови животных к 8 суткам стимуляции было ниже исходного на 42,4-55,8 %. К 11 суткам уровень ФСГ повысился на 103,1-104,3 %. Одновременно отмечены значительные изменения в концентрации лютеинизирующего гормона (ЛГ) и эстриола (повышение уровня эстрогенов предшествует выбросу ЛГ в кровь, который необходим для реализации процесса овуляции в яичниках коров). После существенного повышения к 8 суткам содержания свободного эстриола в крови коров обеих групп произошло снижение его уровня к 11 суткам в I группе на 5,4 % ($P \geq 0,05$), во II группе – на 11,01 % ($P \leq 0,05$). Аналогично изменялся уровень ЛГ. У коров I группы к 8 суткам он понизился на 14,2 % ($P \leq 0,05$), а к 11 суткам равномерно возрастало и к 11 суткам превышало предыдущее на 21,4 % ($P \leq 0,05$). Более значительные изменения в уровнях половых гормонов отмечены в опытной группе коров. В результате вышеуказанных процессов оплодотворяемость коров от фронтального осеменения в группе, получавшей крезацин, превысила контрольную на 9,52 %.

Ключевые слова: коровы, голштино-фризская порода, стимуляция половой охоты, схема Ovsynch, крезацин, фронтальное осеменение, оплодотворяемость, показатели крови

Благодарности: работа выполнена в соответствии с планом НИР на 2024-2026 гг. ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН (FNWZ-2024-0001).

Для цитирования: Медетов Е.С. Интерьерные показатели коров голштино-фризской породы при сочетанном применении крезацина и половых гормонов // Животноводство и кормопроизводство. 2024. Т. 107. № 2. С. 128-138. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-107-2-128>

Original article

Interior parameters of the Holstein-Friesian cows with the combined use of krezacin and sex hormones¹Erlan S Medetov¹Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia¹erlanmedetov29@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9424-4254>

Abstract. The paper presents the results of studies of blood parameters of Holstein-Friesian cows during the synchronization of heat using the adaptogen - krezacin. Two groups of uninseminated cows of 21 heads each were formed. All animals underwent synchronization of estrus according to the Ovsynch scheme (1 day - releasing hormone, 8 days - prostaglandin, 10 days - releasing hormone and insemination, 11 days - insemination). Every day for 11 days, the cows of the experimental group were fed with 2,5 g of kresacine. Blood for research was taken on the 1st, 8th and 11th days. During the experiment, slight fluctuations in hematological parameters were observed in cows of both groups, which did not go beyond the physiological norm. During the same period, there was a slight decrease in the level of hemoglobin in the blood of cows in the control group (by 14.4%). In the cows of the experimental group, the level of hemoglobin in the blood decreased very slightly (by 2.7%). Presumably, the use of krezacin optimizes the processes of tissue respiration in animals. There was a slight decrease in the level of glucose in the blood serum of cows of both groups by the 8th day of stimulation, and then a significant increase in it by the time of insemination by 9.6-42.0% compared to the previous one. This indicates a sufficient energy supply to the body of experimental animals during the induction of the sexual cycle. The level of progesterone in the blood of cows by the 8th day of stimulation increased in both groups by 66.1-86.9% compared to the initial level ($P \leq 0.01$). Then, after estrofan injection, progesterone levels decreased by 47.4-56.3% ($P \leq 0.05$). A more significant decrease in this indicator was observed in cows of the experimental group, i.e., those receiving krezacin. The content of follicle-stimulating hormone (FSH) in the blood of animals by the 8th day of stimulation was lower than the initial level by 42.4-55.8%. By day 11, the FSH level increased by 103.1-104.3%. At the same time, significant changes were noted in the concentration of luteinizing hormone (LH) and estriol (an increase in estrogen levels precedes the release of LH into the blood, which is necessary for the implementation of the ovulation process in the ovaries of cows). After a significant increase in the content of free estriol in the blood of cows of both groups by the 8th day, its level decreased by the 11th day in the I group by 5.4% ($P \geq 0.05$), in the II group – by 11.01% ($P \leq 0.05$). LH levels changed similarly. In cows of the I group, by the 8th day it decreased by 14.2% ($P \leq 0.05$), and by the 11th day it slightly and unreliably increased by 2.8%. In group 2, the LH content in the blood of cows increased evenly and by the 11th day exceeded the previous one by 21.4% ($P \leq 0.05$). More significant changes in the levels of sex hormones were noted in the experimental group of cows. As a result of the above processes, the fertility of cows from frontal insemination in the group receiving krezacin exceeded the control by 9.52%.

Keywords: cows, Holstein-Friesian breed, stimulation of estrus, Ovsynch scheme, krezacin, frontal insemination, fertility, blood parameters

Acknowledgments: the work was carried out in accordance with the research plan for 2024-2026 FSBSI FSC BST RAS (No. FNWZ-2024-0001).

For citation: Medetov ES. Interior parameters of the Holstein-Friesian cows with the combined use of krezacin and sex hormones. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2024;107(2):128-138. (In Russ.). <https://doi.org/10.33284/2658-3135-107-2-128>

Введение.

Современный уровень ведения животноводства предполагает максимальное использование репродуктивного потенциала маточного состава (Васильева О.К. и др., 2019). Часто применяют сочетание простагландинов с гонадотропинами и рилизинг-гормоном (Bó GA et al., 2014; Funakura H et al., 2018). В скотоводстве применяют стимуляцию и синхронизацию половой охоты с последующим фронтальным осеменением (Colazo MG et al., 2014; Mohammadi A et al., 2019; Хон Ф.К. и др., 2020). Однако общим недостатком данных схем синхронизации является невысокая оплодотворяемость коров от фронтального осеменения (Stevenson JL et al., 2008; Colazo MG et al., 2009; Dirandeh E et al., 2015). Введение дополнительных факторов – биостимуляторов общего действия (адаптогенов) в схемы синхронизации может представлять собой существенный резерв

повышения эффективности стимуляции половой охоты (Христиановский П.И. и др., 2020). Ростовые вещества растений сауксины обладают мощным адаптогенным и стимулирующим воздействиями на организм животных (Воронков М.Г. и др., 2007). Синтезированный в Иркутском институте органической химии препарат крезацин является химическим аналогом ауксинов и проявляет адаптогенное, а также стимулирующее действие на многие функции организма различных видов животных (Шабанов П.Д., 2002; Воронков М.Г. и др., 2013). Однако применение препарата крезацина совместно с половыми гормонами не было изучено. Более подробные исследования данного сочетания могут быть полезными для оптимизации схем синхронизации половой охоты у коров.

Цель исследования.

Изучить влияние включения крезацина в схему синхронизации половой охоты коров голштино-фризской породы на морфологические и биохимические показатели их крови для оценки общего воздействия препарата на организм подопытных животных.

Материалы и методы исследования.

Объект исследования. Коровы голштино-фризской породы, возраст – 3-6 лет, живая масса – 450-500 кг.

Обслуживание животных и экспериментальные исследования были выполнены в соответствии с инструкциями и рекомендациями нормативных актов: Модельный закон Межпарламентской Ассамблеи государств-участников Содружества Независимых Государств "Об обращении с животными", ст. 20 (постановление МА государств-участников СНГ № 29-17 от 31.10.2007 г.), Руководство по работе с лабораторными животными (http://fncbst.ru/?page_id=3553). При проведении исследований были предприняты меры для обеспечения минимума страданий животных и уменьшения количества исследуемых опытных образцов.

Схема эксперимента. Эксперимент проведён в АО «Иволга» (колхоз им. XI кавдивизии Оренбургской области). Сформировали две группы дойных коров по 21 голове в каждой (I – контрольная, II – опытная) в период 2-3 месяца после отёла, с нормальным состоянием гениталий. В обеих группах коровам провели витаминизацию Е-селеном и выполнили синхронизацию половой охоты по схеме Ovsynch (табл. 1).

Таблица 1. Схема опыта / Table 1. Experimental scheme

Группа / Group	Количество коров / Num- ber of cows	Дни синхронизации / Synchronization days			
		1	8	10	11
I контрольная / I control	21	Е-селен 6 мл, сурфагон 25 мкг / E-selenium 6 ml, surfagon 25 mcg	магэстрофан 3 мл / ma- gestrophan 3 ml	сурфагон 25 мкг, ИО / surfagon 25 mcg, AI	ИО / AI
II опытная / II experimental	21	Е-селен 6 мл, сурфагон 25 мкг / E-selenium 6 ml, surfagon 25 mcg	магэстрофан 3 мл / ma- gestrophan 3 ml	сурфагон 25 мкг, ИО / surfagon 25 mcg, AI	ИО / AI
		крезацин 2,5 г на голову в сутки / Krezacin 2.5 g per head per day			

Во II группе коровам в течение 11 дней скармливали крезацин в дозе 10 мг/кг живой массы в сутки.

Кровь для исследований брали у коров в 1-е, 8-е и 11-е сутки эксперимента. Исследовали морфологические и биохимические показатели крови по общепринятым методикам.

На 10-е и 11-е сутки коров осеменили фронтально глубокозамороженной спермой, ректоцервикальным способом. Определение стельности провели через три месяца с помощью аппарата УЗИ «Kaixin-5600y».

Оборудование и технические средства. Исследования выполнены в ЦКП БСТ РАН (<http://цкп-бст.рф>) при помощи автоматического микропланшетного анализатора InfiniteF200 PRO (Tescan, Австрия); набора реагентов для иммуноферментного определения фолликулостимулирующего гормона в сыворотке (плазме) крови «ФСГ-ИФА» (К 203) (Хема, Россия); использовались пробирка вакуумная RusTech 7 мл, с активатором свертывания; пробирка вакуумная Rus Tech 6 мл с ЭДТА КЗ; игла инъекционная одноразовая стерильная 18G; игла двусторонняя Rus Tech 18G 1/2 (1,2*38 мм); шприц одноразовый 20 мл 3-комп. с иглой 21G×1 1/2 (0,8×40мм). Аппарат УЗИ «Kaixin-5600y» (Xuzhou Kaixin Electronic Instrument Co., Ltd., Китай).

Статистическая обработка. Полученные данные обрабатывали с использованием приложения «Statistica 10.0» («Stat Soft Inc.», США). Анализ включал определение средней арифметической величины (M), стандартной ошибкой средней (m). Достоверными считали различия между средними по группам при $P \leq 0,05$.

Результаты исследований.

При наблюдении за подопытными животными у 90 % из них на 3 сутки эксперимента выявлены признаки половой охоты со всеми специфическими феноменами. Динамика морфологических показателей крови коров в этот период представлена в таблице 2.

Таблица 2. Изменения морфологического состава крови коров по периодам опыта (M±m)

Table 2. Changes in the morphological composition of the cow blood by the experimental periods (M±m)

Показатель / Indicator	I контрольная группа / I control group			II опытная группа / II control group		
	1 сутки / 1 day	8 сутки / 8 day	11 сутки / 11 day	1 сутки / 1 day	8 сутки / 8 day	11 сутки / 11 day
Лейкоциты, 10^9 /л / Leukocytes, 10^9 /l	10,96±0,246	11,94±0,946	11,78±1,107	10,69±0,446	11,92±3,261	10,22±2,823
Лимфоциты, % / Lymphocytes, %	45,28±1,584	45,28±3,134	51,53±4,732	51,61±2,937	50,39±4,703	54,84±4,264
Эритроциты, 10^{12} /л / Erythrocytes, 10^{12} /l	5,29±0,130	4,52±0,271	4,62±0,264	4,97±0,147	4,79±0,164	4,89±0,196
Гемоглобин, д/л / Hemoglobin, d/l	98,78±2,338	86,50±2,765	84,60±4,845	93,56±3,0823	90,33±2,309	91,00±2,832
Гематокрит, % / Hematocrit, %	22,94±0,278	18,28±0,88	18,71±1,028	21,33±0,763	19,72±0,580	20,35±0,755
Тромбоциты, 10^9 /л / Platelets, 10^9 /l	319,86±36,576	448,25±18,429*	385,50±48,994	268,89±22,592	364,00±28,991*	371,80±31,291

Примечание: * – $P \leq 0,05$ для разности с предыдущими значениями

Note: * – $P \leq 0.05$ for the difference with previous values

Из таблицы 2 следует, что в ходе эксперимента наблюдались незначительные колебания количества форменных элементов крови и значений гематокрита, не выходящие за пределы физиологической нормы, у коров обеих групп. В этот же период произошло некоторое снижение уровня гемоглобина в крови коров контрольной группы (на 14,8 г/л или 14,4 %). Возможно, в ходе полового цикла увеличивается интенсивность тканевого дыхания в организме коров, что требует более значительного использования гемоглобина. У коров опытной группы, получавших крезацин, уро-

вень гемоглобина в крови понизился весьма незначительно (на 2,56 г/л или 2,7 %). Предположительно, применение крезацина способствует сохранению стабильности дыхательных процессов у животных в завершающей стадии индуцированного полового цикла.

Для выявления закономерностей регуляторных процессов при синхронизации половой охоты коров в эксперименте проводились биохимические исследования крови. Результаты этих исследований показаны в таблице 3.

Таблица 3. Изменения биохимических показателей крови коров по периодам опыта ($M \pm m$)Table 3. Changes in biochemical parameters of cows by experimental periods ($M \pm m$)

Показатели/ <i>Indicators</i>	I контрольная группа / <i>I control group</i>			II опытная группа / <i>II control group</i>		
	1 сутки / <i>1 day</i>	8 сутки / <i>8 day</i>	11 сутки / <i>11 day</i>	1 сутки / <i>1 day</i>	8 сутки / <i>8 day</i>	11 сутки / <i>11 day</i>
Глюкоза, ммоль/л / <i>Glucose, Mmol/l</i>	2,42±0,162	1,19±0,117*	1,69±0,270*	2,12±0,089	1,46±0,098*	1,60±0,196
Общий белок, г/л / <i>Total protein, g/l</i>	124,28±3,527	116,13±2,593	121,74±2,645	121,71±1,846	117,39±1,495	125,04±2,005
Альбумин, г/л <i>/Albumin, g/l</i>	39,00±1,774	38,29±0,944	36,20±3,855	40,13±0,618	36,40±0,859	40,10±0,526
АЛТ, Ед/л / <i>ALT, U/l</i>	21,24±1,245	25,91±0,877	36,63±2,020*	23,93±0,683	26,49±1,519	38,04±2,064*
АСТ, Ед/л / <i>AST, U/l</i>	73,31±3,888	81,88±1,539	121,43±4,517*	85,23±2,568	84,00±3,924	132,20±7,401
Билирубин прямой, мкмоль/л / <i>Direct bilirubin, μmol/l</i>	1,34±0,173	1,03±0,057	2,14±0,097**	1,29±0,034	1,13±0,090	2,16±0,098**
Кальций, ммоль/л / <i>Calcium, Mmol/l</i>	2,87±0,106	3,02±0,088	2,97±0,074	3,08±0,036	2,68±0,077	2,97±0,037
Фосфор, ммоль/л <i>/ Phosphorus, Mmol/l</i>	0,84±0,096	0,96±0,022	1,33±0,177	0,89±0,050	0,93±0,064	1,22±0,078

Примечание: * – $P \leq 0,05$; ** – $P \leq 0,01$ для разности с предыдущими значениями

Note: * – $P \leq 0.05$; ** – $P \leq 0.01$ for the difference with previous values

Реализация процессов полового цикла требует значительных энергетических затрат. В нашем опыте мы наблюдали некоторое снижение уровня глюкозы в сыворотке крови коров обеих групп к 8 суткам стимуляции, а затем значительное повышение его к моменту осеменения на 0,14–0,50 ммоль/л (9,6–42,0 %) по сравнению с предыдущими. Это свидетельствует о достаточной энергообеспеченности организма подопытных животных в период индукции полового цикла.

В ходе опыта отмечались незначительные колебания содержания общего белка и альбуминов в сыворотке крови коров, не выходящие за пределы физиологической нормы. Уровни ферментов переаминирования и билирубина изменялись также незначительно, что свидетельствует об отсутствии заметных патологических процессов в организме подопытных животных.

Изменения содержания кальция и фосфора в сыворотке крови коров обеих групп были в пределах физиологической нормы, которые подтверждают стабильность минерального обмена в организме подопытных животных. На основании вышеизложенного можно сделать предположение об отсутствии отрицательного воздействия на организм коров как самих стимулирующих препаратов, так и включаемого в схему синхронизации крезацина.

Более значительные изменения выявлены при анализе содержания стероидных половых гормонов в ходе эксперимента (табл. 4).

Таблица 4. Динамика стероидных соединений в организме коров по периодам опыта ($M \pm m$)Table 4. Dynamics of steroid compounds in the body of cows by experimental periods ($M \pm m$)

Показатели/ <i>Indicators</i>	I контрольная группа / <i>I control group</i>			II опытная группа / <i>II control group</i>		
	1 сутки / <i>1 day</i>	8 сутки / <i>8 day</i>	11 сутки / <i>11 day</i>	1 сутки / <i>1 day</i>	8 сутки / <i>8 day</i>	11 сутки / <i>11 day</i>
Холестерин, ммоль/л / <i>Cholesterol, Mmol/l</i>	3,33 $\pm$ 0,239	3,72 $\pm$ 0,174	3,57 $\pm$ 0,417	3,65 $\pm$ 0,130	3,95 $\pm$ 0,208	3,77 $\pm$ 0,369
ФСГ, МЕ/л / <i>FSH, IU/l</i>	1,56 $\pm$ 0,426	0,69 $\pm$ 0,296**	1,41 $\pm$ 0,492**	1,70 $\pm$ 0,516	0,98 $\pm$ 0,201**	1,99 $\pm$ 0,491*
ЛГ, МЕ/л / <i>LH, IU/l</i>	6,14 $\pm$ 0,889	5,27 $\pm$ 1,046	5,42 $\pm$ 1,064	5,02 $\pm$ 0,828	5,27 $\pm$ 1,661	5,97 $\pm$ 0,261
Прогестерон, нмоль/л / <i>Progesterone, nmol/l</i>	1,75 $\pm$ 0,756	3,27 $\pm$ 0,550*	1,72 $\pm$ 0,478*	2,33 $\pm$ 0,648	3,87 $\pm$ 1,682*	1,69 $\pm$ 0,132*
Свободный эстриол, нмоль/л / <i>Free estriol, nmol/l</i>	1,43 $\pm$ 0,332	2,57 $\pm$ 0,486*	2,43 $\pm$ 0,419	1,38 $\pm$ 0,130	3,27 $\pm$ 0,252**	2,91 $\pm$ 0,335

Примечание: * – $P \leq 0,05$; ** – $P \leq 0,01$ для разности с предыдущими значениями

Note: * – $P \leq 0.05$; ** – $P \leq 0.01$ for the difference with previous values

Анализ данных таблицы 4 позволяет выявить следующую закономерность в динамике холестерина. У коров контрольной группы к 8 суткам эксперимента содержание холестерина в крови возросло на 0,39 ммоль/л (11,7 %), а к 11 суткам снизилось на 0,15 ммоль/л (4,03 %). У коров опытной группы отмечены аналогичные изменения уровня холестерина: повышение к 8 суткам на 0,3 ммоль/л (8,2 %) и снижение на 0,18 ммоль/л (4,6 %) к 11 суткам. Эти же точки индуцированного полового цикла являются рубежными в динамике прогестерона, ФСГ и ЛГ.

Уровень прогестерона в крови коров к 8 суткам стимуляции повысился в обеих группах на 1,52-1,54 нмоль/л или на 66,1-86,9 % по сравнению с исходным ($P \leq 0,01$). Это объясняется максимальным развитием жёлтых тел в яичниках коров в этот период. Затем, после инъекции эстрофана, произошёл лизис жёлтых тел. При этом уровень прогестерона в крови животных обеих групп снизился по сравнению с предыдущим на 1,55-2,18 нмоль/л или 47,4-56,3 % ($P \leq 0,05$). Более значительное снижение этого показателя отмечено у коров II группы.

Содержание ФСГ в крови животных в ходе опыта менялось противоположным образом. К 8 суткам стимуляции уровень ФСГ в крови коров был ниже исходного на 0,72-0,87 МЕ/л (42,4-55,8 %; ($P \leq 0,05$)). К 11 суткам уровень ФСГ повысился по сравнению с предыдущим на 0,72-1,01 МЕ/л (103,1-104,3 %; $P \leq 0,001$). Эти изменения характерны для завершающей фазы полового цикла.

Одновременно отмечены значительные изменения в концентрации лютеинизирующего гормона (ЛГ) и эстриола. По нашим наблюдениям, после существенного повышения к 8 суткам со-

держания свободного эстриола в крови коров обеих групп, произошло снижение его уровня к 11 суткам: в I группе – на 5,4 % ($P \geq 0,05$), во II группе – на 11,01 % ($P \leq 0,05$). Аналогично изменялся уровень ЛГ. У коров I группы к 8 суткам он понизился на 0,87 МЕ/л (14,2 %; $P \leq 0,05$), а к 11 суткам незначительно и недостоверно повысился на 0,15 МЕ/л (2,8 %) по сравнению с предыдущим значением. Во II группе содержание ЛГ в крови коров равномерно возрастало и к 11 суткам превышало предыдущее на 0,7 МЕ/л (21,4 %; $P \leq 0,05$). Отмеченные изменения в уровнях гормонов более выражены во II группе коров, т. е. у получавших крезацин.

Выявленные различия в динамике морфологических и биохимических показателей крови животных контрольной и опытной групп оказали существенное влияние на оплодотворяемость коров от фронтального осеменения. Оплодотворяемость в группе коров, получавших крезацин, превысила контрольную на 9,52 %.

Обсуждение полученных результатов.

При анализе гематологических показателей подопытных животных установлено, что у коров, получавших крезацин, увеличилось количество морфологических элементов, не превышающее физиологические нормы. В результате повысились значения гемоглобина и гематокрита. В целом это свидетельствует о том, что под воздействием препарата активизировались дыхательные и общие адаптационные процессы в организме крупного рогатого скота. Аналогичные эффекты наблюдались в опытах с крезацином на животных других видов (Кузнецов И.А. и др., 2015).

Исследования биохимического состава крови характеризуют состояние различных звеньев метаболизма, что позволяет судить как об общем влиянии испытуемого препарата на организм, так и о специфических видах воздействия на определенные функции.

Важнейшим показателем состояния минерального обмена является динамика содержания кальция и фосфора в организме животных (Васильева О.К. и др., 2019; Завьялов О.А., 2020). В нашем опыте наблюдались незначительные колебания концентрации кальция и фосфора в сыворотке крови коров в пределах физиологической нормы. Существенных различий по этим показателям между контрольной и опытной группами не выявлено. Очевидно, крезацин не оказал заметного воздействия на уровень этих элементов в организме подопытных животных. Аналогичный вывод можно сделать и по влиянию препарата на углеводный обмен в организме коров. В ходе опыта динамика содержания глюкозы в крови коров контрольной и опытной групп не отличалась, а значения этого показателя на разных этапах синхронизации полового цикла позволяют судить о достаточных возможностях организма подопытных животных для реализации этих энергоёмких процессов. Отмеченные в ходе эксперимента незначительные колебания значений содержания общего белка и альбуминов в сыворотке крови не подтверждают заметного воздействия на белковый обмен в организме коров обеих групп. Динамика содержания билирубина и ферментов переаминирования свидетельствуют об отсутствии выраженных патологических состояний в организме коров как опытной, так и контрольной групп.

Более существенные различия между контролем и опытом выявлены в динамике стероидных соединений (холестерин и половые гормоны). При исследовании крови коров в рубежных точках полового цикла выявлено повышение уровня холестерина к 8 суткам синхронизации, а затем умеренное снижение этого показателя к 11 суткам. Учитывая роль холестерина как химического предшественника стероидных соединений (Митяшова О.С. и др., 2017), можно предположить, что после некоторого накопления в крови к 8 суткам опыта, он в дальнейшем используется в качестве материала для синтеза эстрогенов, ФСГ и ЛГ на завершающей стадии полового цикла. Это подтверждается динамикой половых гормонов.

Одним из важнейших факторов реализации овуляторных процессов является резкое снижение уровня прогестерона в крови при синхронном повышении уровней ФСГ и ЛГ на завершающей стадии полового цикла. По нашим данным, эти изменения были более значительными у коров опытной группы. Одновременно отмечено существенное повышение концентрации свободного эстриола в крови коров обеих групп, причём более значительное – у животных опытной группы.

Эстрогены вызывают клиническое проявление течки и охоты и стимулируют нарастание количества ЛГ до предовуляторного уровня (Бреславец В.М. и др., 2013).

Известно, что повышение уровня эстрогенов в ходе полового цикла предшествует предовуляторному пику ЛГ (Назаров М.В. и др., 2017). В нашем опыте повышение содержания эстриола в крови коров к 8 дню опыта «запустило» процесс нарастания ЛГ. В дальнейшем эстриол, являясь химическим предшественником стероидных гормонов, включился в процесс синтеза ЛГ. Соответственно, к 11 суткам уровень эстриола понизился, а содержание ЛГ возросло, т. е. были созданы предпосылки для овуляции.

Имеются сведения об участии ауксинов в метаболизме стероидов (Шабанов П.Д. и др., 2014). Следовательно, можно предположить, что аналог ауксинов – крезацин участвует в синтезе ЛГ и оказывает положительное влияние на процесс овуляции у коров.

В результате взаимодействия вышеуказанных процессов оплодотворяемость коров от фронтального осеменения превысила таковую в контроле на 9,52 %.

Выводы.

1. У коров голштино-фризской породы в период гормональной синхронизации половой охоты отмечены незначительные и недостоверные колебания гематологических показателей и биохимического состава крови. Они находились в пределах физиологической нормы, что свидетельствует об отсутствии отрицательного воздействия на организм коров как синхронизирующих препаратов, так и крезацина.

2. При включении крезацина в схему синхронизации половой охоты у коров установлены более высокие значения уровней фолликулостимулирующего и лютеинизирующего гормонов в крови, что положительно повлияло на процесс овуляции и повысило оплодотворяемость коров от фронтального осеменения.

Список источников

1. Биологические и фармакологические свойства трекрезана / И.А. Кузнецов, А.М. Смирнов, О.О. Куралева и др. // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 1-1. С. 1342. [Kuznetsov IA, Smirnov AM, Kuraleva OO et al. Trecresan's biological and pharmacological properties. Modern Problems of Science and Education. 2015;1-1:1342. (in Russ.)]
2. Бреславец В.М., Хохлов А.В. Эффективность различных гормональных препаратов при нормализации дисфункции яичников // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2013. № 3(41). С. 252-254. [Breslavets VM, Khokhlov AV. Efficiency of different hormonal preparations used to normalize ovarian disturbances. Izvestiya Orenburg State Agrarian University. 2013;3(41):252-254. (in Russ.)].
3. Васильева О.К., Виноградова Н.Д. Взаимосвязь молочной продуктивности и воспроизводительных способностей у коров разной кровности по голштинской породе // Вклад университетской аграрной науки в инновационное развитие агропромышленного комплекса: материалы 70-й Междунар. науч.-практ. конф., Рязань, 23 мая 2019 г. Рязань: Рязанский гос. агротехнологический ун-т им. П.А. Костычева, 2019. Ч. 1. С. 16-20. [Vasil'eva OK, Vinogradova ND. Vzaïmosvyaz' molochnoi produktivnosti i vosproizvoditel'nykh sposobnostei u korov raznoi krovnosti po golshhtinskoi porode (Conference proceedings) Vklad universitetskoï agrarnoi nauki v innovatsionnoe razvitie agropromyshlennogo kompleksa: materialy 70-i Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., Ryazan', 23 maya 2019 g. Ryazan': Ryazanskii gosudarstvennyi agrotekhnologicheskii universitet im. P.A. Kostycheva; 2019;1:16-20. (in Russ.)].
4. Воронков М.Г., Расулов М.М. Трекрезан – родоначальник нового класса адаптогенов и иммуномодуляторов (обзор) // Химико-фармацевтический журнал. 2007. Т. 41(1). С. 3-7. [Voronkov MG, Rasulov MM. Trecresan: progenitor of a new class of adaptogens and immunomodulators. Pharmaceutical Chemistry Journal. 2007;41(1):3-7. (in Russ.)].

5. Воронков М.Г., Стороженко П.А., Расулов М.М. Биохимический анализ гепатопротекторного действия трис(2-оксиэтиламмоний) ортокрезоксицетата и 1-гидроксигерматрана // Энциклопедия инженера-химика. 2013. № 9. С. 08-11. [Voronkov MG, Storozhenko PA, Rasulov MM. Biohimicheskij analiz gepatoprotektornogo dejstviya tris(2-oksijetilammonij) ortokrezoksicetata i 1-gidroksigermatrana. Jenciklopedija inzhenera-himika. 2013;9:08-11. (in Russ.).]
6. Завьялов О.А. Элементный статус и его изменения по отношению к границам «физиологической нормы» у коров голштинской породы разных лактаций // Животноводство и кормопроизводство. 2020. Т. 103. № 1. С. 65-74. [Zavyalov O.A. Elemental status and its changes in relation to the boundaries of the "physiological standard" in cows of the Holstein breed of different lactations. Animal Husbandry and Fodder Production. 2020;103(1):65-74. (in Russ.).] doi: 10.33284/2658-3135-103-1-65
7. Митяшова О.С., Гусев И.В., Лебедева И.Ю. Обмен веществ и репродуктивная функция в послеродовой период у коров-первотелок при введении им экстракта плаценты // Сельскохозяйственная биология. 2017. Т. 52. № 2. С. 323-330. [Mityashova OS, Gusev IV, Lebedeva IYu. Metabolism and reproductive function during the postpartum period in first-calf cows when introducing the placenta extract. Sel'skohozyaistvennaya biologiya [Agricultural Biology]. 2017;52(2):323-330. (in Russ.).] doi: 10.15389/agrobiology.2017.2.323rus doi: 10.15389/agrobiology.2017.2.323eng
8. Назаров М.В., Гринь В.А., Горпинченко Е.А. Гормональная регуляция воспроизводительной функции коров и телок // Ветеринария Кубани. 2017. № 4. С. 10-12. [Nazarov MV, Grin VA, Gorpichenko EA. Hormonal regulation of reproductive function of cows and heifers. Veterinaria Kubani. 2017;4:10-12. (in Russ.).]
9. Хон Ф.К., Лычагин Е.А., Абилева Г.У. Средства и методы регулирования воспроизводительной функции животных // Приоритетные направления регионального развития: материалы Всерос. (национальной) науч.-практ. конф. с междунар. участием. Курган, 06 февраля 2020 г. Курган: Курганская гос. с.-х. академия им. Т.С. Мальцева, 2020. С. 840-843. [Khon FK, Lychagin EA, Abileva GU. Sredstva i metody regulirovaniya vosproizvoditel'noi funktsii zhivotnykh (Conference proceedings) Prioritetnye napravleniya regional'nogo razvitiya: materialy Vseros. (natsional'noi) nauch.-prakt. konf. s mezhdunar. uchastiem. Kurgan, 06 fevralya 2020 g. Kurgan: Kurganskaya gosudarstvennaya sel'skokhozyaistvennaya akademiya im. T.S. Mal'tseva; 2020:840-843. (in Russ.).]
10. Христиановский П.И., Платонов С.А. Использование УДЧ двуокиси кремния для повышения оплодотворяемости коров при фронтальном осеменении // Животноводство и кормопроизводство. 2020. Т. 103. № 2. С. 75-81. [Khristianovsky PI, Platonov SA. The use of silicon dioxide to increase the fertility of cows with frontal insemination. Animal Husbandry and Fodder Production. 2020;103(2):75-81. (in Russ.).] doi: 10.33284/2658-3135-103-2-75
11. Шабанов П.Д. Концепция адаптогенов: истоки, современное состояние, перспективы. Акт. речь на 2-х Лазаревских чтениях. СПб.: ВМедА, 2002. 72 с. [Shabanov PD. Kontseptsiya adaptogenov: istoki, sovremennoe so-stoyanie, perspektivy. Akt. Rech' na 2-kh Lazarevskikh chteniyakh. Sankt-Peterburg: VMedA; 2002:72 p. (In Russ.).]
12. Шабанов П.Д., Зарубина И.В., Мокренко Е.В. Фармакология трекрезана - нового иммуномодулятора и адаптогена // Обзоры по клинической фармакологии и лекарственной терапии. 2014. Т. 12. № 2. С. 12-27. [Shabanov PD, Zarubina IV, Mokrenko EV. Pharmacology of trecresan - a new immune modulator and adaptogenic. Reviews on Clinical Pharmacology and Drug Therapy. 2014;12(2):12-27. (in Russ.).] doi: 10.17816/rcf12212-27
13. Bó GA, Baruselli PS Synchronization of ovulation and fixed-time artificial insemination in beef cattle. Animal. 2014;S1:144-150. doi: 10.1017/S1751731114000822
14. Colazo MG, Gordon MB, Rajamahendran R, Mapletoft RJ, Ambrose DJ Pregnancy rates to timed artificial insemination in dairy cows treated with gonadotropin-releasing hormone or porcine luteinizing hormone. Theriogenology. 2009;72(2):262-270. doi: 10.1016/j.theriogenology.2009.02.017
15. Colazo MG, Mapletoft RJ. A review of current timed-AI (TAI) programs for beef and dairy cattle. Can Vet J. 2014;55(8):772-780.

16. Dirandeh E, Roodbari AR, Colazo MG. Double-Ovsynch, compared with presynch with or without GnRH, improves fertility in heat-stressed lactating dairy cows. *Theriogenology*. 2015;83(3):438-443. doi: 10.1016/j.theriogenology.2014.10.011
17. Funakura H, Shiki A, Tsubakishita Y et al. Validation of a novel timed artificial insemination protocol in beef cows with a functional corpus luteum detected by ultrasonography. *J Reprod Dev*. 2018;64(2):109-115. doi: 10.1262/jrd.2017-135
18. Mohammadi A, Seifi HA, Farzaneh N. Effect of prostaglandin F2 α and GnRH administration at the time of artificial insemination on reproductive performance of dairy cows. *Vet Res Forum*. 2019;10(2):153-158. doi: 10.30466/vrf.2018.87502.2136
19. Stevenson JL, Dalton JC, Santos JEP, Sartori R, Ahmadzadeh A, Chebel RC. Effect of synchronization protocols on follicular development and estradiol and progesterone concentrations of dairy heifers. *J Dairy Sci*. 2008;91(8):3045-3056. doi: 10.3168/jds.2007-0625

References

1. Kuznetsov IA, Smirnov AM, Kuraleva OO et al. Trecresan's biological and pharmacological properties. *Modern Problems of Science and Education*. 2015;1-1:1342
2. Breslavets VM, Khokhlov AV. Efficiency of different hormonal preparations used to normalize ovarian disturbances. *Izvestiya Orenburg State Agrarian University*. 2013;3(41):252-254.
3. Vasilyeva O.K., Vinogradova N.D. The relationship between milk productivity and reproductive abilities in cows of different blood of the Holstein breed // Contribution of university agricultural science to the innovative development of the agro-industrial complex: materials of the 70th International. Scientific-practical conf., Ryazan, May 23, 2019. Ryazan: Ryazan State. Agrotechnological University named after. P.A. Kostycheva, 2019. Part 1, pp. 16-20. Voronkov MG, Rasulov MM. Trecresan: progenitor of a new class of adaptogens and immunomodulators *Pharmaceutical Chemistry Journal*. 2007;41(1):3-7.
4. Voronkov MG, Rasulov MM. Trekresan is the founder of a new class of adaptogens and immunomodulators (review). *Chemical and Pharmaceutical Journal*. 2007;41(1):3-7.
5. Voronkov MG, Storozhenko PA, Rasulov MM. Biochemical analysis of the hepatoprotective effect of tris(2-hydroxyethylammonium) orthocresoxycetate and 1-hydroxygermatran. *Encyclopedia of Chemical Engineer*. 2013;9:08-11.
6. Zavyalov O.A. Elemental status and its changes in relation to the boundaries of the "physiological standard" in cows of the Holstein breed of different lactations. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2020;103(1):65-74. doi: 10.33284/2658-3135-103-1-65
7. Mityashova OS, Gusev IV, Lebedeva IYu. Metabolism and reproductive function during the postpartum period in first-calf cows when introducing the placenta extract. *Agricultural Biology*. 2017;52(2):323-330. doi: 10.15389/agrobiology.2017.2.323rus doi: 10.15389/agrobiology.2017.2.323eng
8. Nazarov MV, Grin VA, Gorpichenko EA. Hormonal regulation of reproductive function of cows and heifers. *Veterinaria Kubani*. 2017;4:10-12
9. Khon FK, Lychagin EA, Abileva GU. Means and methods for regulating the reproductive function of animals (Conference proceedings) Priority directions of regional development: materials of the All-Russian Federation. (national) scientific and practical conf. with international participation. Kurgan, February 06, 2020 Kurgan: Kurgan State Agricultural Academy named after T.S. Maltseva, 2020; 840-843.
10. Khristianovsky PI, Platonov SA. The use of silicon dioxide to increase the fertility of cows with frontal insemination. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2020;103(2):75-81. doi: 10.33284/2658-3135-103-2-75
11. Shabanov PD. The concept of adaptogens: origins, current state, prospects. Act. speech at the 2nd Lazarev readings. SPb.: VMedA; 2002: 72 p.
12. Shabanov PD, Zarubina IV, Mokrenko EV. Pharmacology of trekresan - a new immunomodulator and adaptogen. *Reviews on Clinical Pharmacology and Drug Therapy*. 2014;12(2):12-27.
13. Bó GA, Baruselli PS Synchronization of ovulation and fixed-time artificial insemination in beef cattle. *Animal*. 2014;S1:144-150. doi: 10.1017/S1751731114000822

14. Colazo MG, Gordon MB, Rajamahendran R, Mapletoft RJ, Ambrose DJ Pregnancy rates to timed artificial insemination in dairy cows treated with gonadotropin-releasing hormone or porcine luteinizing hormone. *Theriogenology*. 2009;72(2):262-270. doi: 10.1016/j.theriogenology.2009.02.017
15. Colazo MG, Mapletoft RJ. A review of current timed-AI (TAI) programs for beef and dairy cattle. *Can Vet J*. 2014;55(8):772-780.
16. Dirandeh E, Roodbari AR, Colazo MG. Double-Ovsynch, compared with presynch with or without GnRH, improves fertility in heat-stressed lactating dairy cows. *Theriogenology*. 2015;83(3):438-443. doi: 10.1016/j.theriogenology.2014.10.011
17. Funakura H, Shiki A, Tsubakishita Y. Validation of a novel timed artificial insemination protocol in beef cows with a functional corpus luteum detected by ultrasonography. *J Reprod Dev*. 2018;64(2):109-115. doi: 10.1262/jrd.2017-135
18. Mohammadi A, Seifi HA, Farzaneh N. Effect of prostaglandin F2 α and GnRH administration at the time of artificial insemination on reproductive performance of dairy cows. *Vet Res Forum*. 2019;10(2):153-158. doi: 10.30466/vrf.2018.87502.21
19. Stevenson JL, Dalton JC, Santos JEP, Sartori R, Ahmadzadeh A, Chebel RC. Effect of synchronization protocols on follicular development and estradiol and progesterone concentrations of dairy heifers. *J Dairy Sci*. 2008;91(8):3045-3056. doi: 10.3168/jds.2007-0625

Информация об авторах:

Ерлан Сагитович Медетов, аспирант, специалист-исследователь отдела технологии мясного скотоводства и производства говядины, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29.

Information about the authors:

Erlan S Medetov, Postgraduate student, research specialist of the Department of Technology of Beef Cattle Breeding and Beef Production, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29 9 Yanvarya St., Orenburg, 460000.

Статья поступила в редакцию 13.03.2024; одобрена после рецензирования 02.04.2024; принята к публикации 10.06.2024.

The article was submitted 13.03.2024; approved after reviewing 02.04.2024; accepted for publication 10.06.2024.

Научная статья

УДК 636.3.033

doi:10.33284/2658-3135-107-2-139

**Влияние многоплодия овцематок романовской породы на рост, развитие
и откормочные качества получаемого молодняка**

Владимир Вячеславович Хохлов¹, Степан Владимирович Поносов², Владимир Алексеевич Ситников³

^{1,2}Пермский институт Федеральной службы исполнения наказаний России, Пермь, Россия

³Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика

Д.Н. Прянишникова, Пермь, Россия

¹khokhlov1985@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0007-7539-7400>

²ponosovs@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7181-6531>

³sitnikov.59@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9803-8570>

Аннотация. При ведении мясного овцеводства в условиях крупного хозяйства с использованием овец романовской породы важно иметь высокие уровни сохранности молодняка и убойного выхода. Целью нашего исследования явилось изучение влияния многоплодия на сохранность и убойный выход баранчиков романовской породы при ведении мясного овцеводства. Исследование было проведено на баранчиках, полученных при разных уровнях многоплодия в период от рождения до убоя в возрасте 8 месяцев. Проведённое исследование показало, что при рождении баранчика-единца сохранность к возрасту 8 месяцев достигает 100 %, при этом убойный выход находится на уровне 48 %. Баранчики, рождённые в числе двух, демонстрируют к убю уровень сохранности в районе 93 %, при этом убойный выход составляет 47,44 %. Баранчики, рождённые в числе трёх, при аналогичных условиях кормления и содержания также имеют достаточно высокую сохранность (на уровне 92 %), показатель убойного выхода при этом незначительно снижается – до 46,25 %. Повышение уровня многоплодия овцематок существенно снижает уровень получения продукции, так, баранчики, рождённые в числе четырёх, показали крайне низкий уровень сохранности к убю, который составил 62 %, убойный выход при этом также снизился до 46,28 %. При ведении мясного овцеводства с использованием романовской породы овец целесообразно вести селекционную работу, направленную на повышение сохранности получаемого молодняка за счёт повышения молочной продуктивности матерей и грамотного подхода к искусственному выкармливанию молодняка из многоплодных окотов.

Ключевые слова: овцы, баранчики, ягнята, романовская порода, откормочные качества, многоплодие, мясная продуктивность

Для цитирования: Хохлов В.В., Поносов С.В., Ситников В.А. Влияние многоплодия овцематок романовской породы на рост, развитие и откормочные качества получаемого молодняка // Животноводство и кормопроизводство. 2024. Т. 107, № 2. С. 139-148. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-107-2-139>

Original article

**The influence of multiple pregnancy of Romanov breed ewes on growth,
development and fattening qualities of the resulting young stock**

Vladimir V Khokhlov¹, Stepan V Ponomov², Vladimir A Sitnikov³

^{1,2}Perm Institute of the Federal Penitentiary Service of Russia, Perm, Russia

³Perm State Agro-Technological University named after academician D.N. Prianishnikov, Perm, Russia

¹khokhlov1985@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0007-7539-7400>

²ponosovs@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7181-6531>

³sitnikov.59@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9803-8570>

Abstract. Breeding meat sheep in a large-scale farm using Romanov breed is important to have high levels of safety of young animals and slaughter yield. The purpose of our study was to study the ef-

fect of multiple births on the safety and slaughter yield of Romanov breed rams during meat sheep farming. The study was conducted on rams obtained at different levels of multiple births from birth to slaughter at the age of 8 months. The study showed that at the birth of a single lamb, safety by the age of 8 months reaches 100%, while the slaughter yield is at the level of 48%. Lambs born in twins show a safety level of around 93% for slaughter, while the slaughter yield is 47.44%. Under similar feeding and housing conditions lambs survival in singles was 92%, while the slaughter yield rate decreases slightly, to 46.25%. An increase in the level of multiple births of ewes significantly reduces the level of production, so rams born in quads showed an extremely low level of safety at slaughter, which amounted to 62%, while the slaughter yield also decreased to 46.28%. Breeding meat sheep using the Romanov breed, it is advisable to conduct breeding work aimed at improving the safety of the resulting young by increasing the milk productivity of mothers and a competent approach to artificial feeding of young animals from multiple lambs.

Keywords: sheep, rams, lambs, Romanov breed, fattening qualities, multiple births, meat productivity

For citation: Khokhlov VV, Ponosov SV, Sitnikov VA. The influence of the multiplicity of Romanov sheep on growth, development and fattening qualities of the resulting young stock. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2024;107(2):139-148. (In Russ.). <https://doi.org/10.33284/2658-3135-107-2-139>

Введение.

Овцеводство в России является одним из основных направлений животноводства. На сегодняшний день в нашей стране разводят более 30 пород овец, что связано с разнообразием природно-климатических условий регионов выведения этих пород, при этом основным направлением овцеводства является производство баранины (Базаев С.О. и др., 2020; Джуламанов К.М. и др., 2022; Гаглоев А.Ч. и др., 2023). Для производства баранины в разных регионах применяются как местные аборигенные породы овец, так и завезённые из других регионов, а так же их помеси. В Пермском крае овцеводство ведётся по большей части в хозяйствах населения, где на конец 2023 года насчитывалось более 38 тыс. голов овец, а также в крестьянских (фермерских) хозяйствах и сельскохозяйственных организациях, поголовье в которых составляет более 7 тыс. голов (Белянин В.А. и др., 2023; Свечникова Т.М., 2020). Для производства баранины в регионе применяются беспородные животные, а также овцы романовской, эдильбаевской пород. Для получения высоких показателей мясной продуктивности от молодняка овец необходимо поддерживать достаточный уровень интенсивности роста, что не всегда возможно реализовать, особенно при многоплодии животных в условиях крупного предприятия (Кислова Д.А. и др., 2022; Колосов Ю.А. и др., 2022; Абонеев В.В. и др., 2024). Одним из крупных овцеводческих предприятий региона является ООО «Ноев Ковчег», поголовье овец в котором превышает тысячу голов. Овцы романовской породы являются грубошерстными и имеют шубное направление продуктивности, однако по причине низкого спроса на овчины, с одной стороны, и высокого многоплодия и неприхотливостью к условиям содержания, с другой стороны, в последние годы многие хозяйства используют их для производства баранины. Несмотря на многоплодие овцематок романовской породы, которое за частую достигает 6 ягнят, молочность овцематок находится на низком уровне, вследствие чего рост, развитие и сохранность ягнят, полученных от таких овцематок, находится на достаточно низком уровне (Габеев М.С., 2020, 2021; Дускаев Г.К. и др., 2019; Косилов В.И. и др., 2024).

Цель исследования.

Оценить влияние многоплодия овцематок на рост, развитие, сохранность и откормочные качества молодняка овец романовской породы.

Материалы и методы исследования.

Объект исследования. Баранчики романовской породы, полученные при разном уровне многоплодия овцематок.

Обслуживание животных и экспериментальные исследования были выполнены в соответствии с инструкциями и рекомендациями нормативных актов: Модельный закон Межпарламентской Ассамблеи государств-участников Содружества Независимых Государств "Об обращении с животными", ст. 20 (постановление МА государств-участников СНГ № 29-17 от 31.10.2007 г.). При проведении исследований были предприняты меры для обеспечения минимума страданий животных и уменьшения количества исследуемых опытных образцов.

Схема эксперимента. Исследование проведено в зимний стойловый период на базе ООО «Ноев Ковчег» (д. Дикая Гарь Пермского района Пермского края), в котором содержалось более 700 голов овцематок. Из них были отобраны 140 голов для дальнейшего исследования. Отбор животных проводился перед покрытием с учётом их возраста, линии, живой массы, а также результатов предыдущих окотов. После отбора овцематок разместили в 7 идентичных групповых клетках одного здания по 20 голов в клетке, и к каждой группе были подсажены по 1 барану-производителю, ранее проверенному по качеству потомства. Бараны содержались с овцематками в течение 60 дней. После удаления баранов овцематки содержались в тех же клетках до окота. За 3 дня до предполагаемого окота овцематок переводили в родильное отделение, в котором животные располагались в индивидуальных клетках. Учёт полученного приплода осуществляли в день окота. Оценку роста молодняка проводили на основании данных контрольных взвешиваний в возрасте 20 суток, 60 суток (при отбивке) и в 8 месяцев. Убойный выход оценивали только по результатам убоя баранчиков, так как ярки направлялись на дальнейшее увеличение маточного поголовья.

Кормление овцематок, баранов-производителей и молодняка было организовано на основании рационов, принятых в хозяйстве. Все корма, используемые для кормления животных в ходе эксперимента, были исследованы на питательность в лаборатории ГБУВК «Пермский ветеринарный диагностический центр».

Оборудование и технические средства. Исследование кормов осуществлялось в лаборатории биохимического отдела ГБУВК «Пермский ветеринарный диагностический центр» по общепринятым методикам Е.А. Петухова и др. (аттестат аккредитации № RA.RU.21BT02) (Панов В.П. и др., 2020).

Статистическая обработка. Полученные в ходе эксперимента цифровые данные обрабатывались биометрическим методом, по общепринятой методике Е.К. Меркурьевой, Г.Н. Шангин-Березовского. Для обобщения и получения точных цифровых данных был использован офисный программный комплекс «Microsoft Office» («Microsoft», США) с применением «Excel» («Microsoft», США). При оценке и сравнении полученных данных, разницу в значениях считали достоверной при * – $P \leq 0,05$; ** – $P \leq 0,01$; *** – $P \leq 0,001$.

Результаты исследования.

Отобранные для исследования овцематки романовской породы относились к линии № 29, имели возраст 3 года, средняя масса тела составляла $57,3 \pm 4,3$ кг. На основании результатов последнего окота средний выход ягнят по группе находился на уровне 250 ягнят на 100 овцематок (табл. 1).

Таблица 1. Показатели холостых овцематок романовской породы
Table 1. Indicators of single ewes of the Romanov breed

Количество ягнят в последнем окоте, голов /Number of lambs in the last lambing, heads	Количество овцематок в группе, голов / Number of ewes in the group, heads	Средняя живая масса овцематок, кг / Average live weight of ewes, kg
1	35	$55,9 \pm 3,1$
2	35	$57,9 \pm 4,3$
3	35	$56,7 \pm 3,9$
4	35	$58,6 \pm 3,7$

В случной период кормление овцематок осуществлялось рационом, состоящим из сена злакового в количестве 1,8 кг, зерна овса – 280 г, в качестве источника соли в кормушках находился лизунец «Фелуцен», потребление которого составляло 16 г/сут. На основании результатов проведенного исследования кормов установлено соответствие применяемого рациона физиологической потребности животных данной половозрастной группы по основным показателям питательности.

После завершения случного периода овцематки были переведены на рацион кормления, отвечающий физиологической потребности суягных овцематок. Рацион кормления суягных овцематок, принятый в хозяйстве, состоял из сена злакового в количестве 2,2 кг и зерна овса – 350 г, в качестве источника соли в кормушках в свободном доступе находился лизунец «Фелуцен», среднесуточное потребление которого животными в этот период составило 18,7 г/гол. Поение животных данной группы осуществлялось из групповых поилок, вода в которые наливалась два раза в сутки. Анализ питательности рациона показал его соответствие физиологическим потребностям суягных овцематок в основных питательных веществах.

Через 5 месяцев после начала случной компании согласно графика начались массовые окоты у овец, которые продолжались в течение 34 дней. Все овцематки, отобранные для проведения исследования, обьягнились, средний выход ягнят на период оприходования приплода составил 245 ягнят на 100 овцематок (табл. 2).

Таблица 2. Результат окотов исследуемых овцематок

Table 2. The result of lambing of the studied sheep

Количество ягнят в окоте, голов / <i>Number of lambs in the lambing, heads</i>	Количество овцематок в группе, голов / <i>Number of ewes in the group, heads</i>	Средняя живая масса ягнят, кг / <i>Average live weight of lambs, kg</i>	
		ярки / <i>Gimmers</i>	баранчики / <i>Ram hog</i>
1	22	2,7±0,15	2,9±0,21
2	58	2,3±0,31	2,5±0,25
3	51	2,0±0,41	2,2±0,22
4	13	1,8±0,71	1,9±0,24

После окота рацион овцематок был изменён в сторону увеличения дачи грубых и концентрированных кормов для удовлетворения физиологической потребности лактирующих овцематок в основных питательных веществах. Так, дача сена была увеличена до 2,5 кг, а зерно овса скармливали по 650 г в сутки. В каждой кормушке индивидуальных клеток в свободном доступе находился лизунец «Фелуцен», позволявший животным удовлетворять потребность в соли, среднее потребление которой составило 21 г в сутки. Поение животных в этот период осуществлялось в клетках из вёдер при свободном доступе к воде.

Согласно данным, представленным в таблице 2, можно судить о том, что при разных значениях многоплодия овцематок живая масса полученных баранчиков превышала тот же показатель ярок в среднем на 197 г.

После окота, согласно целям исследования, вели учёт роста и развития только баранчиков, так как ярки в данном хозяйстве выращиваются для увеличения маточного поголовья.

Следующее контрольное взвешивание ягнят, полученных при проведении исследования, было проведено в возрасте 20 дней, ввиду того, что в этот период рост ягнят напрямую зависит от уровня молочности овцематок (табл. 3).

Таблица 3. Результаты контрольного взвешивания баранчиков в возрасте 20 дней
Table 3. Results of control weighing of rams at the age of 20 days

Количество ягнят в окоте, голов <i>/Number of lambs in the lambing, heads</i>	Количество ба- ранчиков в груп- пе, голов / <i>Number of rams in a group, heads</i>	Сохранность ягнят, % <i>/Safety of lambs, %</i>	Средняя живая масса ягнят, кг / <i>Average live weight of lambs, kg</i>	Прирост массы тела за 20 дней, кг <i>/ Body weight gain over 20 days, kg</i>
1	12	100	4,32±0,34	1,42
2	54	100	3,82±0,39	1,32
3	74	98	3,33±0,36	1,13
4	20	77	3,01±0,41	1,08

Контрольное взвешивание баранчиков в возрасте 20 дней показало, что лучшие показатели прироста живой массы тела имели баранчики, рождённые в числе одного и двух, их сохранность за этот период составила 100 %. Среднесуточный прирост массы тела ягнят-одиночек за первые 20 дней жизни находился на уровне 71 г, в свою очередь ягнята, рождённые в числе двух, имели несколько меньший среднесуточный прирост массы тела, в пределах 66 г. Несколько хуже росли баранчики, рождённые в числе трёх, среднесуточный прирост их массы тела в этот период находился на уровне 56,5 г/сут, сохранность при этом составила 98 %. Худшими показателями прироста массы тела и сохранности обладали ягнята, рождённые в числе четырёх, что, на наш взгляд, обусловлено недостаточным уровнем молочной продуктивности овцематок для выкармливания четырёх ягнят. За первые 20 дней жизни среднесуточный прирост массы тела ягнят, рождённых в числе четырёх, составил лишь 54 г, что ниже в сравнении с ягнятами-одиночками на 24 %. В то же время сохранность ягнят, рождённых в числе четырёх, находилась только на уровне 77 %.

В данном хозяйстве применяется система ранней отбивки молодняка в возрасте 60 дней, что позволяет проводить покрытие овцематок в стойловый период. В свою очередь покрытие в стойловый период, при содержании овцематок с баранами в групповых клетках, позволяет организовать грамотную племенную работу при снижении трудовых затрат.

Таблица 4. Результаты контрольного взвешивания баранчиков в возрасте 60 дней
Table 4. Results of control weighing of rams at the age of 60 days

Количество ягнят в окоте, голов <i>/Number of lambs in the lambing, heads</i>	Количество ба- ранчиков в груп- пе, голов / <i>Number of rams in a group, heads</i>	Сохранность ягнят, % <i>/Safety of lambs, %</i>	Средняя живая масса ягнят, кг / <i>Average live weight of lambs, kg</i>	Прирост массы те- ла за 60 дней, кг / <i>Body weight gain over 60 days, kg</i>
1	12	100	11,36±0,58	8,46
2	50	93	9,52±0,46	7,02*
3	68	92	9,34±0,62	7,14*
4	17	65	8,74±0,75	6,84**

Согласно данным контрольного взвешивания ягнят при отбивке (табл. 4), лучшие показатели сохранности ягнят и прироста массы тела наблюдались у баранчиков-одиночек, так, их сохранность на момент отбивки составила 100%, а среднесуточный прирост массы тела – 141 г. Несколько худшими показателями сохранности и прироста массы тела обладали ягнята из числа двоен и троен. Ягнята из числа двоен имели сохранность к отбивке на уровне 93 %, а среднесуточный прирост – 117 г, ягнята из числа троен имели немного меньший уровень сохранности, на уровне 92 %, при этом среднесуточный прирост массы их тела превысил аналогичный показатель баранчиков из

числа двоен и составил 119 г. Худшие показатели сохранности молодняка наблюдались при наиболее многоплодных окотах, так, сохранность баранчиков, рождённых в числе четырёх, к отбивке составило в среднем 65 %, при этом среднесуточный прирост молодняка за 60 дней жизни был ниже в сравнении с тем же показателем баранчиков-одинцов на 19 % и составил лишь 114 г.

На завершающем этапе исследования была дана оценка убойного выхода мяса баранчиков. Согласно данным таблицы 5, лучшими показателями убойного выхода 48,01 % обладали баранчики-одинцы, у них же – и лучшие показатели сохранности. Баранчики, рождённые в числе двух и трёх, имели немного меньшие показатели убойного выхода и сохранности, однако с учётом их большего количества производство мяса в расчёте на 1 овцематку было выше в сравнении с овцематками, родившими по 1 ягнёнку. Наименее эффективным оказалось производство мяса баранчиков, рождённых в числе четырёх, сохранность таких баранчиков по итогам исследования составила лишь 62 %, а убойный выход находился на уровне 46,28 %. Столь низкие показатели сохранности и убойного выхода могут свидетельствовать о неспособности овцематок романовской породы самостоятельно полноценно выкармливать четырёх и более ягнят, что оказывает негативное влияние на эффективность производства баранины в условиях большого поголовья.

Таблица 5. Показатели откорма и убоя баранчиков в возрасте 240 дней
Table 5. Indicators of fattening and slaughter of rams at the age of 240 days

Количество ягнят в окоте, голов / <i>Number of lambs in the lambing, heads</i>	Количество баранчиков в группе, голов / <i>Number of rams in a group, heads</i>	Сохранность ягнят, % / <i>Safety of lambs, %</i>	Предубойная масса, кг / <i>Pre-slaughter weight, kg</i>	Масса туши, кг / <i>Carcass weight, kg</i>	Убойный выход, % / <i>Slaughter yield, %</i>
1	12	100	44,19±1,28	21,21±0,76	48,01
2	50	93	43,72±1,32	20,74±0,85	47,44
3	68	92	41,04±1,26	18,98±0,98	46,25*
4	16	62	35,83±1,68	16,58±1,35	46,28*

Обсуждение полученных результатов.

Сохранность является одним из основных показателей, влияющих на эффективность производства мяса баранины. Как отмечено в результатах исследования, лучшая сохранность наблюдалась у баранчиков-одинцов, на уровне 100 %, несколько ниже данный показатель был у ягнят, рождённых в числе двух и трёх, 93 % – у баранчиков из числа двоен и 92 % – из числа троен. Самый низкий показатель выживаемости ягнят был отмечен в группе овцематок, родивших четырёх ягнят – 62 %. В свою очередь Иолчиев Б.С. с коллегами (2019) отмечали, что при рождении у овцематки одного ягнёнка, сохранность составляла 100 %, при рождении двух ягнят у овцематки сохранность снижается до 97 %, при рождении трёх ягнят сохранность составляла 94 %, а при рождении четырёх сохранность составила лишь 57 %. При сопоставлении данных, полученных в нашем исследовании, и данных, указанных в их работе, можно говорить о схожести полученных результатов с незначительными отклонениями.

При ведении овцеводства с целью получения баранины важно стремиться к высокому убойному выходу откормочных животных. В нашем исследовании убойный выход баранчиков в возрасте 8 месяцев варьировался в пределах от 46,28 % до 48,01 %. В свою очередь В.Г. Двалишвили (2017) в своей работе указывает, что при исследованиях по оценке убойного выхода у баранчиков романовской породы, рождённых в числе одного и двух, данные значения варьировались в пределах до 51,6 %, что соответствует данным, полученным в нашем исследовании.

Заключение.

При ведении романовского овцеводства с целью производства баранины целесообразно организовать работу, направленную на разработку мероприятий по повышению сохранности получаемого молодняка, что в свою очередь позволит увеличить экономическую эффективность данного направления животноводческой деятельности.

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. [Bazaev SO, Yuldashbayev YuA, Arilov AN. Qualitative characteristics of mutton of Kalmyk fat-tailed sheep and their crosses with Dorper sireing rams. Izvestiya Orenburg State Agrarian University. 2020;5(85):223-226. (*In Russ.*)]. doi: 10.37670/2073-0853-2020-85-5-223-226
2. Влияние генотипа валушков на потребление кормов, питательных веществ, энергии и динамику живой массы / В.И. Косилов, Н.В. Старцева, И.А. Рахимжанова, И.М. Губайдуллин, И.Р. Газеев, З.А. Галиева // Вестник Ошского государственного университета. Сельское хозяйство: агрономия, ветеринария и зоотехния. 2024. №1(6). С. 103-110. [Kosilov VI, Startseva NV, Rakhimzhanova IA, Gubaidullin IM, Gazeev IR, Galieva ZA. Influence of the genotype of walushkov on the consumption of feed, nutrients, energy and dynamics of live weight. Journal of Osh State University. Agriculture: Agronomy, Veterinary and Zootechnics. 2024;1(6):103-110. (*In Russ.*)]. doi: 10.52754/16948696_2024_1(6)_15
3. Влияние систем кормления, биологически активных веществ и нетрадиционных кормов на переваримость и физиологию пищеварения у коз (обзор) / Д.А. Кислова, Г.К. Дускаев, О.В. Кван, Е.В. Шейда // Животноводство и кормопроизводство. 2022. Т. 105, № 4. С. 131-145. [Kislova DA, Duskaev GK, Kvan OV, Sheida EV. The influence of feeding systems, biologically active substances and non-traditional feeds on digestibility and physiology of digestion in goats (review). Animal Husbandry and Fodder Production. 2022;105(4):131-145. (*In Russ.*)]. doi: 10.33284/2658-3135-105-4-131
4. Габаев М.С. Влияние баранов-производителей на молочность маток-дочерей карачаевской породы и динамику живой массы их потомства // Животноводство и кормопроизводство. 2020. Т. 103, № 4. С. 109-116. [Gabaev MS. Influence of rams on milkability of daughters of the Karachai breed and dynamics of live weight of their offspring. Animal Husbandry and Fodder Production. 2020;103(4):109-116. (*In Russ.*)]. doi: 10.33284/2658-3135-103-4-109
5. Габаев М.С. Экономическая эффективность горного овцеводства в зависимости от живой массы маток // Животноводство и кормопроизводство. 2021. Т. 104, № 1. С. 43-53. [Gabaev MS. Economic efficiency of mountain sheep breeding, depending on the live weight of ewes. Animal Husbandry and Fodder Production. 2021;104(1):43-53. (*In Russ.*)]. doi: 10.33284/2658-3135-104-1-43
6. Гаглоев А.Ч., Щугорева Т.Э., Мусаев Ф.А. Повышение мясной продуктивности цигаиных овец // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2023. № 1. С. 122-129. [Gagloev ACh, Sugareva TE, Musaev FA. Increasing the meat productivity of qigai sheep. Technologies of the Food and Processing Industry of the Agroindustrial Complex – Healthy Food Products. 2023;1:122-129. (*In Russ.*)]. doi: 10.24412/2311-6447-2023-1-122-129
7. Двалишвили В.Г. Романовская порода овец, методы повышения мясной продуктивности // Сборник научных трудов всероссийского научно-исследовательского института овцеводства и козоводства. 2017. Т. 1. № 10. С. 88-96. [Dvalishvili VG. Romanov breed of sheep, methods to improve the meat productivity. Sbornik nauchnyh trudov vserossijskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta ovcevodstva i kozovodstva. 2017;1(10):88-96. (*In Russ.*)].
8. Иолчиев Б.С., Волкова Н.А., Кленовицкий П.М. Взаимосвязь сохранность ягнят с размером помета // Эффективное животноводство. 2019. № 7(155). С. 92-93. [Iolchiev BS, Volkova NA, Klenovitsky PM. Vzaimosvjaz' sohrannost' jagnjat s razmerom pometa. Effektivnoe zhivotnovodstvo. 2019;7(155): 92-93. (*In Russ.*)]. doi: 10.24411/9999-007A-2019-11052

9. Использование пробиотиков и растительных экстрактов для улучшения продуктивности жвачных животных (обзор) / Г.К. Дускаев, Г.И. Левахин, В.Л. Королёв, Ф.Х. Сиразетдинов // Животноводство и кормопроизводство. 2019. Т. 102. № 1. 136-148. [Duskaev GK, Levakhin GI, Korolyov VL, Sirazetdinov FK. Use of probiotics and plant extracts to improve the productivity of ruminants (review). *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2019;102(1):136-148. (*In Russ.*)]. doi: 10.33284/2658-3135-102-1-136
10. Морфофункциональная характеристика и аллометрический рост мышц овец с разной направленностью продуктивности / В.П. Панов, В.Е. Никитченко, Д.В. Никитченко, А.В. Золотова, И.Г. Серегин // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2020. № 4. С. 67-80. [Panov VP, Nikitchenko VE, Nikitchenko DV, Zolotova AV, Seregin IG. Morphofunctional characteristics and allometric growth of muscles in sheep breeds of different production purposes. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2020;4:67-80. (*In Russ.*)]. doi: 10.26897/0021-342X-2020-4-67-80
11. Мясная продуктивность овец различных генотипов / Ю.А. Колосов, Н.Г. Чамурлиев, А.С. Дегтярь, Ф.А. Смородин // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 2(66). С. 196-202. [Kolosov YuA, Chamurliiev NG, Degtyar AS, Smorodin FA. Meat productivity of sheep of different genotypes. *Proceedings of Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Education*. 2022;2(66):196-202. (*In Russ.*)]. doi: 10.32786/2071-9485-2022-02-25
12. Пермский край в цифрах. 2023: Краткий статистический сборник / под ред. В.А. Белянина и др.; Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Пермскому краю. Пермь, 2023. 197 с. [Permskij kraj v cifrah. 2023: Kratkij statisticheskij sbornik. Pod red. V.A. Beljaninai dr.; Territorial'nyj organ Federal'noj sluzhby gosudarstvennoj statistiki po Permskomu kraju. Perm'; 2023: 197 p. (*In Russ.*)].
13. Продуктивность и интерьерные особенности молодняка мясного скота разных генотипов в связи с возрастом и сезоном года / К.М. Джуламанов, В.И. Колпаков, Н.П. Герасимов, А.Т. Бактыгалиева // Животноводство и кормопроизводство. 2022. Т. 105. № 2. С. 37-48. [Dzhulamanov KM, Kolpakov VI, Gerasimov NP, Baktygalieva AT. Productivity and interior features of young beef cattle of different genotypes in association with age and season. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2022;105(2):37-48. (*In Russ.*)]. doi: 10.33284/2658-3135-105-2-37
14. Продуктивность овец кавказской породы разной степени извитости шерсти ягнят при рождении / В.В. Абонеев, Ю.А. Колосов, Н.Н. Тищенко, Е.В. Абонеева // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В.М. Кокова. 2024. № 1(43). С. 27-34. [Aboneev VV, Kolosov YuA, Tishchenko NN, Aboneeva EV. Productivity of caucasian breed sheep with different degrees of lamb wool crimp at birth. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2024;1(43):27-34. (*In Russ.*)]. doi: 10.55196/2411-3492-2024-1-43-27-34
15. Свечникова Т.М. Перспективы развития отрасли овцеводства в Пермском крае // Московский экономический журнал. 2020. № 12. С. 320-325. [Svechnikova TM. Prospects for the development of the sheep industry in the Perm region. *Moscow Economic Journal*. 2020;12:320-325. (*In Russ.*)]. doi: 10.24411/2413-046X-2020-10829

References

1. Bazaev SO, Yuldashbayev YuA, Arilov AN. Qualitative characteristics of mutton of Kalmyk fat-tailed sheep and their crosses with Dorper siring rams. *Izvestiya Orenburg State Agrarian University*. 2020;5(85):223-226. doi: 10.37670/2073-0853-2020-85-5-223-226
2. Kosilov VI, Startseva NV, Rakhimzhanova IA, Gubaidullin IM, Gazeev IR, Galieva ZA. Influence of the genotype of walushkov on the consumption of feed, nutrients, energy and dynamics of live weight. *Journal of Osh State University. Agriculture: Agronomy, Veterinary and Zootechnics*. 2024;1(6):103-110. doi: 10.52754/16948696_2024_1(6)_15

3. Kislova DA, Duskaev GK, Kvan OV, Sheida EV. The influence of feeding systems, biologically active substances and non-traditional feeds on digestibility and physiology of digestion in goats (review). *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2022;105(4):131-145. doi: 10.33284/2658-3135-105-4-131
4. Gabaev MS. Influence of rams on milkability of daughters of the Karachai breed and dynamics of live weight of their offspring. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2020;103(4):109-116. doi: 10.33284/2658-3135-103-4-109
5. Gabaev MS. Economic efficiency of mountain sheep breeding, depending on the live weight of ewes. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2021;104(1):43-53. doi: 10.33284/2658-3135-104-1-43
6. Gagloev ACh, Sugareva TE, Musaev FA. Increasing the meat productivity of qigai sheep. *Technologies of the Food and Processing Industry of the Agroindustrial Complex – Healthy Food Products*. 2023;1:122-129. doi: 10.24412/2311-6447-2023-1-122-129
7. Dvalishvili VG. Dvalishvili V.G. Romanov breed of sheep, methods for increasing meat productivity. *Collection of Scientific Works of the All-Russian Scientific Research Institute of Sheep and Goat Breeding*. 2017;1(10):88-96.
8. Iolchiev BS, Volkova NA, Klenovitsky PM. Relationship between the safety of lambs and the size of the litter. *Effective Animal Husbandry*. 2019;7(155): 92-93. doi: 10.24411/9999-007A-2019-11052
9. Duskaev GK, Levakhin GI, Korolyov VL, SirazetdinovFKh. Use of probiotics and plant extracts to improve the productivity of ruminants (review). *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2019;102(1):136-148. doi: 10.33284/2658-3135-102-1-136
10. Panov VP, Nikitchenko VE, Nikitchenko DV, Zolotova AV, Seregin IG. Morphofunctional characteristics and allometric growth of muscles in sheep breeds of different production purposes. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2020;4:67-80. doi: 10.26897/0021-342X-2020-4-67-80
11. KolosovYuA, Chamurliov NG, Degtyar AS, Smorodin FA. Meat productivity of sheep of different genotypes. *Proceedings of Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Education*. 2022;2(66): 196-202. doi: 10.32786/2071-9485-2022-02-25
12. Perm region in numbers. 2023: Brief statistical collection. ed. V.A. Belyanina and others; Territorial body of the Federal State Statistics Service for the Perm Territory. Perm, 2023: 197 p.
13. Dzhulamanov KM, Kolpakov VI, Gerasimov NP, Baktygalieva AT. Productivity and interior features of young beef cattle of different genotypes in association with age and season. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2022;105(2):37-48. doi: 10.33284/2658-3135-105-2-37
14. Aboneev VV, Kolosov YuA, Tishchenko NN, Aboneeva EV. Productivity of caucasian breed sheep with different degrees of lamb wool crimp at birth. *Izvestya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2024;1(43):27-34. doi: 10.55196/2411-3492-2024-1-43-27-34
15. Svechnikova TM. Prospects for the development of the sheep industry in the Perm region. *Moscow Economic Journal*. 2020;12:320-325. doi: 10.24411/2413-046X-2020-10829

Информация об авторах:

Владимир Вячеславович Хохлов, кандидат сельскохозяйственных наук, заместитель начальника кафедры зоотехнии, Пермский институт Федеральной службы исполнения наказаний России, 614012, г. Пермь, ул. Карпинского, 125, сот.: +79194642011.

Степан Владимирович Поносов, кандидат ветеринарных наук, доцент, начальник кафедры зоотехнии, Пермский институт Федеральной службы исполнения наказаний России, 614012, г. Пермь, ул. Карпинского, 125, сот.: +79082736504.

Владимир Алексеевич Ситников, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры зоотехнологий, Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д.Н. Прянишникова, 614990 г. Пермь, ул. Петропавловская, д. 23, сот.: +79129883950.

Information about the authors:

Vladimir V Khokhlov, Cand. Sci (Agricultural), Deputy Head of the Department of Animal Science, Perm Institute of the Federal Penitentiary Service of Russia, 125 Karpinsky str., Perm, 614012, cell. +79194642011.

Stepan V Ponosov, Cand. Sci (Veterinary), Associate Professor, Head of the Department of Animal Science, Perm Institute of the Federal Penitentiary Service of Russia, 125 Karpinsky str., Perm, 614012, cell. +79082736504.

Vladimir A Sitnikov, Cand. Sci (Agricultural), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Zootechnology, Perm State Agro-Technological University named after academician D.N. Prianishnikov, 23 Petropavlovsk str., Perm, 614990, cell. +79129883950.

Статья поступила в редакцию 15.05.2024; одобрена после рецензирования 06.06.2024; принята к публикации 10.06.2024.

The article was submitted 15.05.2024; approved after reviewing 06.06.2024; accepted for publication 10.06.2024.

Животноводство и кормопроизводство. 2024. Т. 107, No 2. С. 149-169.
Animal Husbandry and Fodder Production. 2024. Vol. 107, no 2. P. 149-169.

ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА КОРМЛЕНИЯ

Обзорная статья
УДК 636.084.087.76
doi:10.33284/2658-3135-107-2-149

Эффективность использования каротинсинтезирующих дрожжей *Rhodotorula spp.* в кормлении сельскохозяйственных животных

Мария Валентиновна Довыденкова¹, Евгения Николаевна Колодина², Дарья Александровна Никанова³,
Татьяна Ивановна Логвинова⁴, Ольга Анатольевна Артемьева⁵

^{1,2,3,4,5}Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика

Л.К. Эрнста, Дубровицы, Россия

¹vijmikrob@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3093-4117>

²vijmikrob@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4017-3390>

³vijmikrob@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5164-244X>

⁴vijmikrob@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7075-544X>

⁵vijmikrob@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7706-4182>

Аннотация. Успешное развитие отраслей АПК, таких как животноводство, птицеводство и аквакультура, зависит от обеспеченности их кормами. К альтернативным технологиям относится микробиологический синтез. От повышения эффективности корма до использования в качестве альтернативы антибиотикам, стимулирующим рост, и поддержания здоровья кишечника и иммунитета при одновременном снижении выделения патогенов – новые варианты использования обусловлены признанием того, что производные дрожжей содержат специфические биоактивные соединения, обладающие функциональными свойствами. Результаты ряда научных исследований, представленных в данной обзорной статье, подчеркивают важную роль каротинсинтезирующих дрожжей в качестве кормовой добавки для питания сельскохозяйственных животных и птицы. Красные дрожжи способны синтезировать каротиноиды из недорогостоящих источников углерода, каротиноиды важны благодаря своей активности в качестве предшественников витамина А, красителей, антиоксидантов. Каротиноиды могут быть легко получены химическим синтезом, хотя их биотехнологическое производство быстро становится привлекательной альтернативой химическому способу. Также они участвуют в молекулярных процессах, что приводит к возможному благотворному воздействию на организм в целом. Биосинтез каротиноидов является специфической особенностью родов *Rhodotorula*, *Rhodospiridium* и *Phaffia*. Основными каротиноидными пигментами, вырабатываемыми дрожжами *Rhodotorula* и *Rhodospiridium*, являются β-каротин, торулен и торулоредин в различных пропорциях, а также астаксантин, вырабатываемый *Phaffia rhodozyma*.

Ключевые слова: животноводство, корма, пробиотики, каротинсинтезирующие дрожжи, каротиноиды

Благодарности: работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда, проект № 23-16-00167.

Для цитирования: Эффективность использования каротинсинтезирующих дрожжей *Rhodotorula spp.* в кормлении сельскохозяйственных животных (обзор) / М.В. Довыденкова, Е.Н. Колодина, Д.А. Никанова, Т.И. Логвинова, О.А. Артемьева // Животноводство и кормопроизводство. 2024. Т. 107, № 2. С. 149-169. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-107-2-149>

THEORY AND PRACTICE OF FEEDING

Review article

The effectiveness of using carotene-synthesizing yeast *Rhodotorula spp.* in feeding farm animals**Maria V Dovydenkova¹, Evgenia N Kolodina², Daria A Nikanova³, Tatyana I Logvinova⁴,
Olga A Artemieva⁵**^{1,2,3,4,5}Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member LK Ernst, Dubrovitsy, Russia¹vijmikrob@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3093-4117>²vijmikrob@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4017-3390>³vijmikrob@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5164-244X>⁴vijmikrob@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7075-544X>⁵vijmikrob@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7706-4182>

Abstract. The successful development of agricultural sectors, such as livestock farming, poultry farming and aquaculture, depends on the availability of feed. Alternative technologies include microbiological synthesis. New uses are driven by the recognition that yeast derivatives contain specific bioactive compounds that have functional properties - from improving feed efficiency to being used as an alternative to growth-promoting antibiotics and maintaining intestinal health and immunity while reducing pathogen release. The results of scientific research presented in this article emphasize the important role of carotene-synthesizing yeast as a functional feed additive for the nutrition of farm animals and poultry. Red yeast is capable of synthesizing carotenoids from inexpensive carbon sources; carotenoids are important due to their activity as precursors of vitamin A, dyes, and antioxidants. Carotenoids can be easily produced by chemical synthesis, although their biotechnological production is rapidly becoming an attractive alternative to chemical processes. They also participate in molecular processes, which leads to possible beneficial effects on the body as a whole. Biosynthesis of carotenoids is a specific feature of the genera *Rhodotorula*, *Rhodospiridium* and *Phaffia*. The main carotenoid pigments produced by the yeasts *Rhodotorula* and *Rhodospiridium* are β -carotene, torulen and torulorhodine in varying proportions, as well as astaxanthin produced by *Phaffia rhodozyma*.

Keywords: animal husbandry, feed, probiotics, carotene-synthesizing yeast, carotenoids

Acknowledgments: the work was supported by the Russian Science Foundation, Project No. 23-16-00167.

For citation: Dovydenkova MV, Kolodina EN, Nikanova DA, Logvinova TI, Artemieva OA. Efficiency of using carotene-synthesizing yeast *Rhodotorula spp.* in the feeding of farm animals (review). *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2024;107(2):149-169. (In Russ.). <https://doi.org/10.33284/2658-3135-107-2-149>

Введение.

Иногда изменяющиеся климатические и экономические условия ограничивают возможность производства продукции традиционными способами, что в свою очередь может негативно отражаться на обеспеченности кормовой базы некоторых отраслей АПК. К альтернативным технологиям можно отнести микробиологический синтез кормов (Matilde C et al., 2021). Дрожжи богаты питательными и биологически активными веществами (например: белки, липиды, витамины, антиоксиданты, минеральные вещества), которые могут быть внесены в состав основного рациона в качестве пробиотических культур. Основными продуцентами микробного белка являются дрожжи родов *Candida*, *Saccharomyces*, *Trichosporon*, *Schwanniomyces*, *Saccharomycopsis*, *Kluyveromyces* и др. (Колодина Е.Н. и др., 2016; Колпакова В.В. и др., 2022).

Первоначально они применялись в качестве источников легкоусвояемого белка в рационах для молодняка, чтобы компенсировать использование традиционных источников белка, таких как соя и рыбная мука, но в последние годы стратегии применения расширились и стали применяться для непитательных целей для всех категорий животных. Что касается производных дрожжей, по-

токов продуктов, поступающих в результате последующей переработки пищевых дрожжей, то расширение вариантов использования по группам видов было обусловлено более глубоким пониманием состава каждого производного наряду с более глубокими знаниями механистического действия ключевых функциональных компонентов. От повышения эффективности корма до использования в качестве альтернативы антибиотикам, стимулирующим рост, и поддержания здоровья кишечника и иммунитета при одновременном снижении выделения патогенов – новые варианты использования обусловлены признанием того, что производные дрожжей содержат специфические биоактивные соединения, обладающие функциональными свойствами (Patterson R et al., 2023). Дускаев Г.К. с соавторами (2019) отметили, что дрожжи оптимизируют функцию рубца крупного рогатого скота, улучшают показатели производства молока. Также добавление дрожжевого пробиотика улучшило выработку молока на 23 % у коров, и пик лактации у коров был увеличен на 1 неделю дольше, чем у контрольных коров (4 против 3 недели соответственно).

Цель исследования.

Анализ эффективности использования каротинсинтезирующих дрожжей, в частности дрожжей *Rhodotorula spp.*, в кормлении сельскохозяйственных животных, птицы, аквакультуры и других животных.

Материалы и методы исследования.

Поиск и анализ литературы проводился с использованием интернет-ресурсов: РИНЦ – <https://www.elibrary.ru>, Текнофид – <https://.info@teknofeed.org>, National library of medicine – <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov> за период 1990-2024 гг.

Результаты исследования и обсуждение.

Дрожжи представляют собой большую группу одноклеточных микроорганизмов, которые могут поддерживать метаболическую активность в кислой среде желудка и потреблять кислород в кишечном тракте посредством дыхания. Также дрожжи обладают антагонистической активностью по отношению к патогенной микрофлоре, т. к. потребляют остаточный кислород в кишечном тракте в результате дыхания, что благотворно влияет на рост полезных бактерий (Yang S-P et al., 2010).

Считается, что добавление дрожжей усиливает пищеварительную и ферментативную функции ЖКТ, одновременно изменяя активность микробиоты ЖКТ, хотя механизмы не ясны (Denev SA et al., 2007). На основании исследований *in vitro* и *in vivo*, добавление дрожжевой культуры в рацион, по-видимому, оказывает несколько воздействий на микробиоту рубца, включая увеличение количества полезных бактерий и бактерий, переваривающих клетчатку, а также переход от метаногенов, потребляющих водород, к бактериям, способным преобразовывать водород и CO₂ в уксусную кислоту, что в свою очередь может принести потенциальную пользу жвачному животному-хозяину прямо или косвенно (Fonty G and Chaucheyras-Durand F, 2006; Jouany JP, 2001).

В исследовании, проведенном Ogunade IM с коллегами (2019), включение дрожжей в рацион бычков вызвало увеличение популяции бактерий, переваривающих углеводы (*Ruminococcus albus*, *R. champanellensis*, *R. bromii* и *R. obeum*), и бактерий, утилизирующих лактат (*M. elsdenii*, *Desulfovibrio desulfuricans* и *Desulfovibrio vulgaris*). У жвачных животных использование *Saccharomyces cerevisiae* в качестве DFM (кормовая добавка, содержащая живые микроорганизмы) было связано со стимулированием микробного роста в рубце (Bach A et al., 2007) улучшением здоровья, снижением частоты заболеваний, сокращением использования антибиотиков и снижением смертности телят перед отъемом (Galvao KN et al., 2005). Durand-Chaucheyras F с соавторами (1998) также наблюдали количество жизнеспособных дрожжей (10⁵ КОЕ/г) в фекалиях ягнят через 48 часов после приема дрожжей DFM. Fomenky BE с коллегами (2017) в своих исследованиях показали, что живые дрожжи, добавляемые в рацион, могут сохраняться в пищеварительном тракте как овец, так и крупного рогатого скота, а также могут быть обнаружены жизнеспособными в фекалиях (в диапазоне от 17 до 34 %). Поэтому мы предполагаем, что живые дрожжи могут также оказывать пря-

мое влияние на толстую кишку коров. Применение в рационе кормления телят кормового пробиотика Актив Ист на основе живых дрожжевых клеток *Saccharomyces cerevisiae* сопровождалось увеличением живой массы на 8 %, что подтверждается показателями линейного роста телят от рождения до окончания эксперимента. Затраты корма на 1 кг прироста опытных телят были ниже на фоне удорожания рациона на 1,14 %, чем в контрольной группе. Однако дополнительный валовой прирост живой массы телят позволил покрыть данные расходы и получить дополнительный доход от их реализации в живом весе как ремонтный молодняк в размере 17,6 % (Мошкина С.В. и Химичева С.Н., 2020).

Corona L с соавторами (1999) показали, что стимуляция роста фибролитических бактерий происходит не всегда, и одни и те же дрожжи могут увеличивать скорость, но не степень деградации целлюлозы (Callaway ES and Martin SA, 1997). В исследованиях Chaucheyras-Durand F с коллегами (2008) культура дрожжей также увеличила количество микробов, разрушающих волокна, и их взаимодействие с бактериями, разрушающими клеточную стенку.

Кормление дрожжевой культурой снижает общую концентрацию ЛЖК в рубце из-за увеличения скорости ферментации и бактериальная популяция при добавлении живой культуры дрожжей (Lascano GL and Heinrichs AJ, 2009).

Некоторые дрожжи, благодаря наличию в своих клетках высокой концентрации каротиноидов, окрашены в красный, розовый, коралловый цвета разных оттенков. В отличие от хлебопекарных и пивных, красные дрожжи в своем составе имеют высокую концентрацию астаксантина и каротина, которые способствуют повышению иммунитета и влияют на кишечную микробиоту животного (Wang J et al., 2015).

Некоторые виды дрожжей естественным образом способны синтезировать широкий спектр каротиноидов, которые впоследствии метаболизируются в витамин А (Buzzini P and Vaughn-Martini A, 2006). Витамин А способствует дифференцировке и пролиферации клеток, что делает его критически важным для поддержания кишечника и здоровья (Sporn MB et al., 1976).

Обычно корма для животных бедны каротиноидами, поэтому их вносят дополнительно к основному рациону. Животные не способны вырабатывать каротиноиды, но способны усваивать поступающие в организм каротиноиды. Каротиноидные пигменты играют важную роль в защите организма, могут служить антиоксидантами, обладать антиканцерогенными свойствами, в том числе и иммуномодулирующими и онкопротекторными, что способствует нормализации репродуктивной функции, роста и развития животных и птицы (Колпакова В.В. и др., 2022). Они имеют структуру изопреноидов, некоторые из них являются предшественниками витамина А, которые в живом организме в результате ферментативного расщепления превращаются в витамин А. Каротиноиды улучшают клеточную коммуникацию и усиливают иммунный ответ у жвачных и моногастрических животных, снижают заболеваемость маститом у молочных коров, усваиваются в молоке в виде витамина А, тем самым улучшая качество хранения молока (Noziera P et al., 2006), повышают репродуктивную эффективность.

В составе пищевых добавок каротиноиды обладают и антимикробной активностью (Kaulmann A and Bohn T, 2014). Лекарственные препараты, а также пищевые и кормовые добавки, содержащие каротиноиды, нашли большое применение и очень распространены по всему миру (Савчик А.В. и Новик Г.И., 2020). На сегодняшний день всё больше возрастает спрос на каротиноиды, полученные из природного сырья, так как каротиноиды, синтезированные химическим путём, могут негативно влиять на организм животного (Колпакова В.В. и др., 2022). Пигменты, полученные в результате химического синтеза, строго нормируют, поэтому биологические источники каротиноидов являются более приоритетными. Микробиологические процессы с использованием природных субстратов в качестве источников углеводов не зависят от географических и сезонных колебаний, что может быть экономически выгодно (Frengova GI et al., 2006).

В настоящее время широко в практике используют штаммы каротинсинтезирующих дрожжей *Rhodospiridium rubroovatum*. Другим примером продуцентов каротиноидов являются микроводоросли рода *Danuliella*, способные накапливать в клетках от 57 до 69 % лютеина, 20 % каротина, 11-24 % ксантофиллов, *Spirulina platensis* содержит до 1700 мг/кг каротиноидов. Водоросль *Danuliella salina* используют в рационах сельскохозяйственных животных и птицы в качестве провитамина А (Dura MA et al., 2004).

Каротиногенные дрожжи считаются повсеместными из-за их распространения по всему миру в наземных, пресноводных и морских средах обитания и их способности колонизировать большое разнообразие субстратов. Наиболее известными представителями каротинсинтезирующих дрожжей являются *Phaffia rhodozyma*, *Rhodotorula*, *Rhodospiridium*, *Sporidiobolus*, *Sporobolomyces*, *Cystofilobasidium*, *Kockovaella*, *Phaffia*. Они применяются при промышленном производстве каротиноидов благодаря своей относительно высокой скорости роста (Buzzini P et al., 2007; Korumilli T and Susmita M, 2014; Moline M et al., 2010; Tang W et al., 2019), также они являются продуцентами липидов и эссенциальных жирных кислот (Колпакова В.В. и др., 2022).

В ряде исследований (Perrier V et al., 1995; Tinoi J et al., 2005; Aksu Z and Eren AT, 2007) описывали производство каротиноидов дрожжами, такими как *Rhodotorula spp.* Эти дрожжи синтезируют β -каротин, торулен и торулародин в различных концентрациях. Количество каротиноидов, продуцируемых этим видом, может быть низким (менее 100 мкг г⁻¹), средним (от 101 до 505 мкг г⁻¹) и высоким (более 500 мкг г⁻¹), как сообщают другие авторы (Davoli P et al., 2004; Kobayashi M et al., 1991; Sarada R et al., 2002). *Rhodotorula* – род эукариотических микроорганизмов семейства *Sporidiobolaceae* (порядок *Sporidiales*, класс *Pucciniomycetes*, тип *Basidiomycota*), который широко встречается в животных, растениях, реках, озерах и океанах (Cudowski A and Pietryczuk A, 2009; Daudu R et al., 2020; Falces-Romero I et al., 2018). Клетки *Rhodotorula* содержат белки, полисахариды, аминокислоты, полиненасыщенные жирные кислоты, витамин Е, нуклеотиды и астаксантин (Gupta A et al., 2012).

Каротиноиды представляют собой природные жирорастворимые пигменты, большинство из которых являются терпеноидами с 40 атомами углерода, которые содержат две концевые кольцевые системы, соединённые цепочкой сопряжённых двойных связей или полиеновой системой, которые действуют как мембранозащитные антиоксиданты, поглощающие О₂ и пероксильные радикалы; их антиоксидантная способность, возможно, обусловлена их структурой (Britton G and Hornero-Mendez D, 1997). Эти пигменты сгруппированы в каротины и ксантофиллы. Некоторые каротины по своей химической структуре содержат только углерод и водород, такие как β -каротин и торулен; в то время как ксантофиллы также содержат кислород, такие как астаксантин и кантаксантин (Bhosale P and Gadre RV, 2001).

Из каротиноидов, основными являются: α -каротин (Дейнека В.И. и др., 2008; Besarab NV et al., 2018; Frengova GI et al., 2004), β -каротин (предшественник витамина А) (Банницына Т.Е. и др., 2016; Mata-Gomez LC et al., 2014; Mihalcea A et al., 2011), γ -каротин (Даволи П. и др., 2004; Buzzini P, 2001; de C. Cardoso LA et al., 2017; Kot AM et al., 2016), торулен (Червякова О.П. и Караулова С.С., 2009; El-Banna AAE-R et al., 2012; Kanzy HM et al., 2015), торулародин (Buzzini P, 2001; Mata-Gomez LC et al., 2014; Mihalcea A et al., 2011; Somashekar D and Joseph R, 2000), астаксантин (Дейнека В.И. и др., 2008; Захаров З.В. и др., 2012; Ferrao M and Garg S, 2011), лютеин (Дейнека В.И. и др., 2008; Завьялова А.Н. и Суржик А.В., 2008; Chen G et al., 2017; Latha BV et al., 2005), зеаксантин (Кирица Е., 2017; de C. Cardoso LA et al., 2017), ликопин (Кирица Е., 2017; Besarab NV et al., 2018; Kot AM et al., 2016), фитоин (Кирица Е., 2017; Червякова О.П. и Караулова С.С., 2009; Kot AM et al., 2016), β -криптоксантин (de C. Cardoso LA et al., 2017; Frengova GI et al., 2004; Kot AM et al., 2016), виолоксантин, флавоксантин (Kot AM et al., 2016), нейроспорин (Кирица Е., 2017; Червякова О.П. и Караулова С.С., 2009).

Высокие концентрации каротиноидов могут нейтрализовать воздействие свободных радикалов, высвобождающихся во время ранних воспалительных реакций, атакующих бактериальные мембраны. Фагоциты, такие как нейтрофильные гранулоциты и макрофаги, являются частью врождённой иммунной системы, нацеливаясь на патогенные микроорганизмы и уничтожая их. Вместе с оксидом азота (NO), который индуцируется цитокиноиндуцируемой NO-синтазой (iNOS или NOS₂), как АФК, так и активные формы азота (RNS) являются важными медиаторами бактерицидной активности фагоцитов (Kim J and DellaPenna D, 2006; McGraw KJ et al., 2003; Pasarin D and Rovinaru C, 2018).

В результате обзора литературы было выявлено, что дрожжи *Rhodotorula spp.* являются одним из основных представителей, используемых при биотехнологическом производстве каротиноидов. Они способны накапливать от 93,9 мкг/г сухой массы до 16,9 г/л.

Выработка каротиноидов зависит от различий между штаммами одного и того же вида и от условий культивирования. В результате ряда научных исследований было доказано, что условия

культивирования, источники углерода и азота, влияют на каротиноидный профиль дрожжей (Rucker RB et al., 2001; Costa I et al., 1987) (табл. 1).

Таблица 1. Сравнение выработки каротиноидов видами *Rhodotorula spp*, культивируемыми на различных субстратах-отходах
Table 1. Comparison of carotenoid production by *Rhodotorula spp* species cultivated on various waste substrates

Вид <i>Rhodotorula</i> / <i>Rhodotorula species</i>	Источник углерода / <i>Carbon source</i>	Концентрация биомассы (г/л) / <i>Bio-mass concentration (g/l)</i>	Каротин (мг/г высушенная биомасса) / <i>Carotene (mg/g dried bio-mass)</i>	Каротин (мг/л биомасса) / <i>Carotene (mg/l bio-mass)</i>	Литература / <i>References</i>
<i>R. glutinis</i>	Дрожжевой экстракт / <i>Yeast extract</i>	8,12	8,20	66,32	Marova I et al., 2011
<i>R. glutinis</i>	Полужидкая среда+ ферменты / <i>Semi-liquid+ enzymes</i>	11,68	3,60	40,10	Marova I et al., 2010
<i>R. glutinis</i> ATCC 26085	Глюкоза / <i>Glucose</i>				Davoli P et al., 2004
<i>R. glutinis</i> 32	Глюкоза / <i>Glucose</i>	23,90	5,40	129,00	Bhosale P and Gadre RV, 2001
<i>R. glutinis</i> 32	Патока из сахарного тростника / <i>Sugar-cane Molasses</i>	78,00	2,36	183,00	Bhosale P and Gadre RV, 2001
<i>R. glutinis</i> DBVPG 3853 <i>D. castellii</i> DBVPG 3503	Кукурузный сироп / <i>Corn syrup</i>	15,30	0,54	8,20	Buzzini P, 2001
<i>R. glutinis</i> TISTR	Мука из гидролизированных отходов бобов / <i>Flour from hydrolyzed bean waste</i>	10,35	0,35	3,48	Tinoi J et al., 2005
<i>R. glutinis</i> 22P <i>L. helveticus</i> 12A	Ультрафильтрат молочной сыворотки / <i>Whey ultrafiltrate</i>	30,20	0,27	8,10	Frengova GI and Beshkova DM, 2009
<i>R. mucilaginosa</i> NRRL-2502	Патока из сахарной свёклы / <i>Sugar beet molasses</i>	4,20	21,20	89,0	Aksu Z and Eren AT, 2005
<i>R. mucilaginosa</i> NRRL-2502	Сыворотка / <i>Whey</i>	2,40	29,20	70,0	Aksu Z and Eren AT, 2005

Chen G с соавторами (2017) в своих исследованиях пришёл к выводу, что наилучшими условиями для большего выхода продукции каротиноидов *R. Mucilaginosa* были следующие: тем-

пература культивирования +30 °C, время культивирования – 60 ч, значение pH среды – 6, плотность инокулята – 6 %, скорость встряхивания – 180 об./мин во время культивирования и объём жидкости среды – 60 мл /250 мл. В этих условиях выработка каротиноидов достигла 1,3658 г/л, а биомасса – 8,6530 г/л, что на 85,8 и 66,8 % выше, чем до оптимизации соответственно, что свидетельствует о том, что *R. Mucilaginosa* ZTHY2 является штаммом, продуцирующим каротиноиды.

Установлено, что кормовая добавка с клеточной массой *Rhodotorula* безопасна и нетоксична для животных. Её использование в питании кур-несушек также задокументировано (El-Banna AAE-R et al., 2012).

Другие исследования с участием каротиносодержащих дрожжей рода *Rhodotorula* показали, что штаммы оказывают влияние на эффект питания организма животных, иммунную и антиоксидантную функции, а также имеет широкую рыночную перспективу и экономически выгоден в качестве препарата пробиотиков (Guo J et al., 2020).

Например, пробиотик *Rhodotorula benthica* выделяет астаксантин, который является источником витамина А у животных и эффективно удаляет свободные радикалы в организме больше, чем витамин Е (Elwan HAM et al., 2019; Wang L et al., 2018). Согласно исследованиям, имеет преимущества для домашнего скота, заключающиеся в улучшении потребления корма, среднесуточного привеса, коэффициента конверсии корма у поросят-сосунов и у ягнят на откорме (Dávila-Ramírez JL et al., 2020; Haddad SG and Goussous SN, 2005; Lei Y and Kim I H, 2014; Song B et al., 2021). Эти преимущества по усвояемости питательных веществ происходят за счёт содержащегося в дрожжевой клетке маннан-олигосахарида (компонента дрожжей), что улучшает морфологию тонкой кишки за счёт увеличения количества бокаловидных клеток и увеличения высоты ворсинок подвздошной кишки (Ayiku S et al., 2020).

В исследованиях Ge Ye с соавторами (2021) использовали штамм *Rhodotorula mucilaginosa*, выделенный из прибрежных вод Южно-Китайского моря, в качестве дрожжей-мишеней для изучения его влияния на иммунную функцию и кишечную микробиоту мышей. Результаты этих исследований показали, что *Rhodotorula mucilaginosa* ZTHY2 может повышать показатели тимуса и селезёнки мышей, также повышать уровень сывороточных IgG, IgA. Длительное (30 дней) введение через зонд *Rhodotorula mucilaginosa* значительно усиливала фагоцитоз макрофагов у мышей и значительно повышала уровень TNF-α и INF-γ в сыворотке крови. *Rhodotorula mucilaginosa* ZTHY2 изменил структуру кишечной микробиоты мышей на уровне типа и рода, что привело к увеличению относительной численности *Firmicutes* и *Lactobacillus* и снижению относительной численности *Bacteroidetes*.

Ряд других учёных из Китая в своих исследованиях доказали успешное применение морских дрожжей родов *Rhodotorula benthica* в качестве кормовой пробиотической добавки для гидробионтов (Wang J et al., 2015).

Обнаружено, что сульфатированный маннан фракции внеклеточных полисахаридов *Rhodotorula rubra* снижает уровень холестерина и триглицеридов в крови, препятствует перекисному окислению, что может использоваться для профилактики и лечения атеросклероза (Савчик А.В. и Новик Г.И., 2020).

Coutinho JOPA с соавторами (2022) оценивала пробиотический потенциал *Rhodotorula mucilaginosa* UFMGCB 18,377 при лечении мышей в случае заболевания мукозитом. Штамм смог уменьшить клинические признаки заболевания, такие как уменьшение потребления пищи и потеря массы тела, а также уменьшил количество энтеробактерий в кишечнике и укоротил длину кишечника. Кроме того, лечение смогло снизить воспалительные инфильтраты, а также гистопатологические поражения, характерные для мукозита в тощей и подвздошной кишке.

Также использование в качестве добавки твёрдофазный продукт ферментации *Rhodotorula mucilaginosa* улучшило качество яиц и микрофлору кишечника кур (Sun J et al., 2020).

Sripthutha C с соавторами (2023) в своих исследованиях оценивали влияние различных уровней *Rhodotorula paludigena* CM33 (RD), включённых в диетическую композицию, в количестве 0 % (контроль), 1 % (1 % RD), 2 % (2 % RD) и 5 % (5 % RD) на рост креветок (*Litopenaeus*

vannamei), экспрессию их генов, связанных с иммунитетом, здоровье кишечника, устойчивость к вибрионам. паразитическая инфекция (VPAHPND) и состав мяса. Результаты показали значительное улучшение удельной скорости роста, прибавки в весе и выживаемости креветок. Введение 5 %-ной дозы в группе RD привело к снижению совокупной смертности при заражении VPAHPND по сравнению с контрольной группой. Кроме того, уровни экспрессии иммуночувствительных генов, включая систему proPO (профенолоксидаза-2: PO2), антиоксидантный фермент, путь JAK/STAT (преобразователь сигнала и активатор транскрипции: STAT, индуцируемая гамма-интерфероном лизосомальная тиолредуктаза: GILT), путь IMD и гены пути Toll (лизоцим) были повышены в 5 %-й группе. В контексте микробиоты анализ микробиома показал, что основными типами в кишечнике креветок были протеобактерии, *Firmicutes*, *Bacteroidota*, *Campilobacterota*, *Actinobacteriota* и *Verrucomicrobiota*. На уровне рода было обнаружено снижение количества вибрионов в 5 %-й группе, в то время как количество потенциально полезных бактерий *Bifidobacterium* было увеличено. В группе 5 % RD наблюдалось значительное повышение уровня сырого протеина и сырых липидов, которые являются важными питательными компонентами.

Somboonchai TC с соавторами (2022) в исследованиях определяли влияние замены соевого шрота (SBM) отходами тофу, ферментированными красными дрожжами (RYFTO), на потребление корма, показатели роста, характеристики туш и качество мяса у мясного скота брахмановской породы. Результаты показали, что крупный рогатый скот, получавший рацион с заменой соевого шрота на отходы тофу, ферментированными красными дрожжами (группы с заменой 50 % и 100 %) влияют на потребление грубых кормов, общее потребление сухого вещества и ADG (среднесуточный привес) ($P < 0,05$), за исключением переваримости и FCR (коэффициент конверсии корма) ($P > 0,05$). Затраты на грубые корма, концентрат и общая стоимость корма были самыми низкими в группе, получавшей отходы тофу, ферментированными красными дрожжами 100 % по сравнению с контролем ($P < 0,05$). Содержание азота мочевины в крови крупного рогатого скота, получавшего 100 % отходы тофу, ферментированными красными дрожжами, уменьшалось по сравнению с контролем и отходы тофу, ферментированными красными дрожжами 50 % ($P < 0,05$). Однако характеристики тушек и качество мяса были одинаковыми при разных обработках ($P > 0,05$). Таким образом, отходы тофу, ферментированными красными дрожжами, можно использовать в качестве источника белка для частичной замены соевого шрота в рационе из концентрата на 50 %, что может снизить стоимость корма. Это исследование показало, что дальнейшие эксперименты следует проводить в течение более длительного периода, чтобы оценить преимущества каротина, содержащегося в красных дрожжах, для качества тушек и мяса.

В других исследованиях Ogranev S с соавторами (2022) оценивали эффективность красных дрожжей в качестве нового связывающего микотоксина у бройлеров. Диетические обработки включали три уровня рационов, загрязнённых микотоксинами (0 мкг кг⁻¹ (0 % микотоксина; MT)), 50 мкг кг⁻¹ (50 % MT) и 100 мкг кг⁻¹ (100 % MT) и четыре уровня микотоксиновых связующих (0,0 и 0,5 г кг⁻¹ коммерческого связующего и 0,5 и 1,0 г кг⁻¹ суточной нормы). Результаты показали, что рационы, загрязнённые микотоксинами, снижали среднесуточный прирост массы тела (ADG), высоту ворсинок (VH) и высоту ворсинок в зависимости от соотношения глубины крипт (VH:CD) кишечника, а также популяцию *Lactobacillus spp.* и *Bifidobacterium spp.* в слепой кишке ($P < 0,05$), в то время как они увеличивали концентрацию микотоксинов в образцах крови и клеток апоптоза (TUNEL положительных) в ткани печени ($P < 0,01$) цыплят-бройлеров. При добавлении красных дрожжей в рацион имели лучшие значения прироста массы тела и более низкие показатели смертности цыплят ($P < 0,05$). Во время испытания на микотоксины бройлеры, которых кормили коммерческим микотоксиновым связующим и красными дрожжами, значительно улучшили свои показатели, относительную массу органов и состояние кишечника после 28 дней кормления. Рацион с 0,5 и 1,0 г/кг⁻¹ красных дрожжей был признан наиболее эффективным для повышения продуктивных качеств и снижения воздействия микотоксинов на бройлеров.

Красные дрожжи *P. rhodozyma* в настоящее время используют для производства астаксантина, который может применяться в аквакультуре для придания привлекательного розового цвета

мякоти лососевых рыб, выращиваемых на фермах, а также помогает достичь желаемый золотистый цвет яичному желтку и мякоти птицы (Meyer SP, 1994).

Однако имеется мало сообщений о специфическом механизме действия красных дрожжей на кишечную флору животных, и для того чтобы использование этих дрожжей стало широко распространённым в животноводстве, необходимо провести дополнительные исследования и разработать оптимальные способы их использования. В целом использование живых дрожжей *Rhodotorula spp.* может иметь положительный эффект на здоровье и качество продуктов животного происхождения, а также помочь в решении проблемы утилизации отходов животноводства.

Затруднённое поглощение каротиноидов из-за толстой клеточной стенки дрожжей ограничивало промышленное применение *Rhodotorula* (An GH et al., 2006; Bhosale P et al., 2003; Fang TJ and Wang JM, 2002). В современной биотехнологической промышленности разработаны различные средства выделения пигмента дрожжами, включая оптимизацию условий сушки, механическое разрушение, микроволновую обработку и ферментативную обработку (Frengova GI et al., 2006; Han JY, 2003; Storebakken T et al., 2004).

Заключение.

Таким образом, использование живых каротинсинтезирующих дрожжей рода *Rhodotorula* в животноводстве может стать новым направлением в производстве качественных продуктов животного происхождения. Следует отметить, что каротинсинтезирующие дрожжи усиливают иммунный ответ, повышают продуктивность животных, являются отличными антиоксидантами, а также имеет широкую рыночную перспективу и экономически выгодны в качестве препаратов для пробиотиков. Однако, для того чтобы использование этих дрожжей стало широко распространённым в сельском хозяйстве, необходимо провести дополнительные исследования и разработать оптимальные способы их использования.

Список источников

1. Даволи П., Мирау В.А., Вебер Р.В.С. Каротиноиды и жирные кислоты в красных дрожжах *Sporobolomyces roseus* и *Rhodotorula glutinis* // Прикладная биохимия и микробиология. 2004. Т. 40. № 4. С. 460-465. [Davoli P, Mierau VA, Weber RWS. Carotenoids and fatty acids in red yeast *Sporobolomyces roseus* and *Rhodotorula glutinis*. Applied Biochemistry and Microbiology. 2004;40(4):460-465. (In Russ.)].
2. Дрожжи в современной биотехнологии / Т.Е. Банницына, А.В. Канарский, А.В. Щербakov, В.К. Чеботарь, Е.И. Кипрушкина // Вестник Международной академии холода. 2016. № 1. С. 24-29. [Bannizina TE, Kanarskii AV, Shcherbakov AV, Chebotar VK, Kiprushkina EI. Yeasts in modern biotechnology. Journal of International Academy of Refrigeration. 2016;1:24-29. (In Russ.)]. doi: 10.21047/1606-4313-2016-16-1-24-29
3. Завьялова А.Н., Суржик А.В. Физиологическая роль природных каротиноидов // Вопросы современной педиатрии. 2008. Т. 7. № 6. С.145-149. [Zavyalova AN, Surzhik AV. Physiological role of natural carotenoids. Current Pediatrics (Moscow). 2008;7(6):145-149. (In Russ.)].
4. Изучение биологической безопасности дрожжей рода *Candida* как потенциального источника кормового белка / Е.Н. Колодина, О.А. Артемьева, Е.Н. Котковская, О.В. Павлюченкова, Д.А. Переселкова // Вестник ОрелГАУ. 2016. Т. 5. № 62. С. 72-78. [Kolodina EN, Artemyeva OA, Kotkovskaya EN, Pavlyuchenkova OV, Pereselkova DA. Study of biological safety yeasts of the genus *Candida* as a potential source of feed protein. Vestnik OrelGAU. 2016;5(62):72-78. (In Russ.)]. doi: 10.15217/48484
5. Использование пробиотиков и растительных экстрактов для улучшения продуктивности жвачных животных (обзор) / Г.К. Дускаев, Г.И. Левахин, В.Л. Королёв, Ф.Х. Сиразетдинов // Животноводство и кормопроизводство. 2019. Т. 102. № 1. С. 136-148. [Duskaev GK, Levakhin GI, Korolyov VL, Sirazetdinov FK. Use of probiotics and plant extracts to improve the productivity

of ruminants (review). *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2019;102(1):136-148. (*In Russ.*). doi: 10.33284/2658-3135-102-1-136

6. Использование экологически безопасного микромицета рода *Rhodotorula* для получения кормового каротинсодержащего концентрата / В.В. Колпакова и др. // Юг России: экология, развитие. 2022. Т. 17. № 4(65). С. 61-78. [Kolpakova VV, et al. Use of environmentally safe micromycetes of the genus *Rhodotorula* to obtain fodder carotene containing concentrate. *South of Russia: Ecology, Development*. 2022;17:4(65):61-78. (*In Russ.*). doi: 10.18470/1992-1098-2022-4-61-78

7. Каротиноиды: строение, биологические функции и перспективы применения / В.И. Дейнека, А.А. Шапошников, Л.А. Дейнека, Т.С. Гусева, С.М. Вострикова, Е.А. Шенцева, Л.Р. Закирова // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Медицина. Фармация. 2008. № 6(46). С.19-25. [Deyneka VI, Shaposhnikov AA, Deyneka LA, Guseva TS, Vostrikova SM, Shentseva EA, Zakirova LR. Carotenoids: the structure, biological functions and perspectives of application. *Belgorod State University Scientific Bulletin. Medicine. Pharmacy*. 2008;6(46):19-25. (*In Russ.*)].

8. Кирица Е. Влияние растительных экстрактов на процесс биосинтеза каротиноидов дрожжами // Вестник АПК Верхневолжья. 2017. № 3(39). С. 54-58. [Kiritsa E. Effect of plant extracts on the process of carotenoid biosynthesis by yeasts. *Herald of Agroindustrial complex of Upper Volga region*. 2017;3(39):54-58. (*In Russ.*)].

9. Культивирование дрожжей *Phaffia rhodozyma* при постоянном и периодическом освещении / З.В. Захаров, Л.С. Герман, О.А. Петрищева, М.Ю. Жарко // Известия МГТУ «МАМИ», 2012. Т.4. № 2(14). С.86-89. [Zakharov ZV, German LS, Petrisheva OA, Zharko MY. The cultivation of the yeast *Phaffia rhodozyma* with constant or periodic light. *Izvestiya MSTU "MAMI"*. 2012;4:2(14):86-89. (*In Russ.*)].

10. Мошкина С.В., Химичева С.Н. Влияние кормовой добавки Актив Ист на продуктивные качества ремонтного молодняка молочного скота // Животноводство и кормопроизводство. 2020. Т. 103. № 3. С. 153-164. [Moshkina SV, Khimicheva SN. Influence of Active East feed additive on productive qualities of young dairy replacement cattle. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2020;103(3):153-164. (*In Russ.*). doi: 10.33284/2658-3135-103-3-153

11. Савчик А.В., Новик Г.И. Каротиноидсинтезирующие дрожжевые грибы и их применение в биотехнологии (обзор литературы) // Пищевая промышленность: наука и технологии. 2020. Т. 13. № 3(49). С. 70-83. [Savchik AV, Novik GI. Carotene-producing yeast-like fungi and their application in biotechnologiaia survey. *Food Industry: Science And Technologies*. 2020;13:3(49):70-83. (*In Russ.*)].

12. Червякова О.П., Караулова С.С. Исследование каротиногенеза дрожжами *Rhodotorula rubra* // Успехи в химии и химической технологии. 2009. Т. 13. № 10(103). С. 117-120. [Chervyakova OP, Karaulova SS. Investigation of carotenogenesis by yeast *Rhodotorula rubra*. *Uspеhi v himii i himicheskoy tehnologii*. 2009;13(103):117-120. (*In Russ.*)].

13. Aksu Z, Eren AT. Carotenoids production by the yeast *Rhodotorula mucilaginosa*: Use of agriculture wastes as a carbon source. *Process Biochemistry*. 2005;40(9):2985-2991. doi: 10.1016/j.procbio.2005.01.011

14. Aksu Z, Eren AT. Production of carotenoids by the isolated yeast of *Rhodotorula glutinis*. *Biochem Eng J*. 2007;35(2):107-113. doi: 10.1016/j.bej.2007.01.004

15. An GH, Song JY, Kwak WK, Lee BD, Song KB, Choi JE. Improved astaxanthin availability due to drying and rupturing of the red yeast, *Xanthophyllomyces dendrorhous*. *Food Sci Biotechnol*. 2006;15(4):506-510.

16. Ayiku S, Shen JF, Tan BP, Dong XH, Liu HY. Effects of dietary yeast culture on shrimp growth, immune response, intestinal health and disease resistance against *Vibrio harveyi*. *Fish Shellfish Immun*. 2020;102:286-295. doi: 10.1016/j.fsi.2020.04.036

17. Bach A, Iglesias C, Devant M. Daily rumen pH pattern of loose-housed dairy cattle as affected by feeding pattern and live yeast supplementation. *Animal Feed Science and Technology*. 2007;136(1-2):146-153. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2006.09.011
18. Besarab NV, Gerasimovich K, Kanterova AV, Novik GI. Biosynthetic production of carotenoids using yeast strains of genus *Rhodotorula* on the cheap beer wort substrate. *Journal of Microbiology, Biotechnology And Food Sciences*. 2018;7(4):383-386. doi: 10.15414/jmbfs.2018.7.383-386
19. Bhosale P, Gadre RV. Production of β -carotene by a mutant of *Rhodotorula glutinis*. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 2001;55(4):423-427. doi: 10.1007/s002530000570
20. Bhosale P, Jogdand VV, Gadre RV. Stability of β -carotene in spray dried preparation of *Rhodotorula glutinis* mutant 32. *J Appl Microbiol*. 2003;95(3):584-590. doi: 10.1046/j.1365-2672.2003.02018.x
21. Britton G, Hornero-Méndez D. Carotenoids and colour in fruit and vegetables. In: Tomás-Barberán FA, Robins RJ, editors. *Phytochemistry of fruit and vegetables*. England, Oxford: Clarendon Press; 1997;11-28.
22. Buzzini P, Innocenti M, Turchetti B, Libkind D, et al. Carotenoid profiles of yeasts belonging to the genera *Rhodotorula*, *Rhodospiridium*, *Sporobolomyces* and *Sporidiobolus*. *Canadian Journal of Microbiology*. 2007;53(8):1024-1031. doi: 10.1139/W07-068
23. Buzzini P, Vaughn-Martini A. Yeast biodiversity and biotechnology. In: Péter G, Rosa C, editors. *Biodiversity and Ecophysiology of Yeasts. The Yeast Handbook*. Berlin, Heidelberg: Springer; 2006:533-559. doi: 10.1007/3-540-30985-3_22
24. Buzzini P. Batch and fed-batch carotenoid production by *Rhodotorula glutinis*-*Debaryomyces castellii* co-cultures in corn syrup. *Journal of Applied Microbiology*. 2001;90(5):843-847. doi: 10.1046/j.1365-2672.2001.01319.x
25. Callaway ES, Martin SA. Effects of a *Saccharomyces cerevisiae* culture on ruminal bacteria that utilize lactate and digest cellulose. *Journal of Dairy Science*. 1997;80(9):2035-2044. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(97)76148-4
26. Chaucheyras-Durand F, Walker ND, Bach A. Effects of active dry yeasts on the rumen microbial ecosystem: Past, present and future. *Animal Feed Science and Technology*. 2008;145(1-4):5-26. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2007.04.019
27. Chen G, Wang J, Su Y, Zhu Y, Zhang G, Zhao H, et al. Pullulan production from synthetic medium by a new mutant of *Aureobasidium pullulans*. *Prep Biochem Biotechnol*. 2017;47(10):963-969. doi: 10.1080/10826068.2017.1350979
28. Corona L, Mendoza GD, Castrejón FA, Crosby MM, Cobos MA. Evaluation of two yeast cultures (*Saccharomyces cerevisiae*) on ruminal fermentation and digestion in sheep fed a corn stover diet. *Small Ruminant Research*. 1999;31(3):209-214. doi: 10.1016/S0921-4488(98)00146-1
29. Costa I, Martelli HL, De Silva IM, Pomeroy D. Production of β -carotene by *Rhodotorula* Strain. *Biotech Lett*. 1987;9(5):373-375. doi: 10.1007/BF01025808
30. Coutinho JOPA, Quintanilha MF, Campos MRA, et al. Antarctic Strain of *Rhodotorula mucilaginosa* UFMGCB 18,377 Attenuates Mucositis Induced by 5-Fluorouracil in Mice. *Probiotics and Antimicrobial Proteins*. 2022;14:486-500. doi: 10.1007/s12602-021-09817-0
31. Cudowski A, Pietryczuk A. Biochemical response of *Rhodotorula mucilaginosa* and *Cladosporium herbarum* isolated from aquatic environment on iron (III) ions. *Sci Rep*. 2009;9:19492. doi: 10.1038/s41598-019-56088-5
32. Daudu R, Parker CW, Singh NK, Wood JM, Debieu M, O'hara NB et al. Draft genome sequences of *Rhodotorula mucilaginosa* strains isolated from the international space station. *Microbiol Resour Announc*. 2020;9:00570-20. doi: 10.1128/MRA.00570-20
33. Dávila-Ramírez JL, Carvajal-Nolazco MR, López-Millanes MJ, González-Ríos H, Celaya-Michel H, Sosa-Castañeda J, et al. Effect of yeast culture (*Saccharomyces cerevisiae*) supplementation on growth performance, blood metabolites, carcass traits, quality, and sensorial traits of meat from pigs under heat stress. *J Anim Feed Sci*. 2020;267:114573. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2020.114573

34. Davoli P, Mierau V, Weber RWS. Carotenoids and fatty acids in red yeasts *Sporobolomyces roseus* and *Rhodotorula glutinis*. *Appl Biochem Microbiol*. 2004;40:392-397. doi: 10.1023/B:ABIM.0000033917.57177.f2
35. de C. Cardoso LA, Kanno KYF, Karp SG. Microbial production of carotenoids — A review. *African Journal of Biotechnology*. 2017;16(4):139-146. doi: 10.5897/AJB2016.15763
36. Denev SA, Peeva T, Radulova P, Stancheva P, Staykova G, Beev G, et al. Yeast cultures in ruminant nutrition. *Bulg J Agric Sci*. 2007;13:357-74.
37. Durá MA, Flores M, Toldrá F. Effect of *Debaryomyces* spp. on the proteolysis of dry-fermented sausages. *Meat Science*. 2004;68(2):319-328. doi: 10.1016/j.meatsci.2004.03.015
38. Durand-Chaucheyras F, Fonty G, Bertin G, Théveniot M, Gouet P. Fate of Levucell® SC I-1077 yeast additive during digestive transit in lambs. *Reproduction Nutrition Development*. 1998;38(3):275-280. doi: 10.1051/rnd:19980307
39. El-Banna AAE-R, El-Razek AMA, El-Mahdy AR. Isolation, Identification and Screening of Carotenoid-Producing Strains of *Rhodotorula glutinis*. *Food and Nutrition Sci*. 2012;3(5):627-633. doi: 10.4236/fns.2012.35086
40. El-Banna Amr A, Amal M Abd El-Razek, El-Mahdy AR. Some factors affecting the production of carotenoids by *Rhodotorula glutinis* var. *Glutinis*. *Food and Nutrition Sciences*. 2012;3:64-71. doi: 10.4236/fns.2012.31011
41. Elwan HAM, Elnesr SS, Abdallah Y, Hamdy A, El-Bogdady AH. Red yeast (*Phaffia rhodozyma*) as a source of astaxanthin and its impacts on productive performance and physiological responses of poultry. *World Poultry Sci J*. 2019;75(2):273-284. doi:10.1017/S0043933919000187
42. Falces-Romero I, Cendejas-Bueno E, Romero-Gomez MP, Garcia-Rodríguez J. Isolation of *Rhodotorula mucilaginosa* from blood cultures in a tertiary care hospital. *Mycoses*. 2018;61(1):35-39. doi: 10.1111/myc.12703
43. Fang TJ, Wang JM. Extractability of astaxanthin in a mixed culture of a carotenoid over-producing mutant of *Xanthophyllomyces dendrorhous* and *Bacillus circulans* in two-stage batch fermentation. *Process Biochem*. 2002;37(11):1235-1245. doi: 10.1016/S0032-9592(02)00011-0
44. Ferrao M, Garg S. Studies on effect of media components on growth and β -carotene production by *Rhodotorula graminis* RC04. *Journal of Cell and Tissue Research*. 2011;11(1):2551-2556.
45. Fomenky BE, Bissonnette N, Talbo G et al. Impact of *Saccharomyces cerevisiae* boulardii CNCMI-1079 and *Lactobacillus acidophilus* BT1386 on total lactobacilli population in the gastrointestinal tract and colon histomorphology of Holstein dairy calves. *Animal Feed Science and Technology*. 2017;234:151-161. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2017.08.019
46. Fonty G, Chaucheyras-Durand F. Effects and modes of action of live yeasts in the rumen. *Biologia*. 2006;61:741-50. doi: 10.2478/s11756-006-0151-4
47. Frengova G, Simova E, Beshkova D. Caroteno-protein and exopolysaccharide production by co-cultures of *Rhodotorula glutinis* and *Lactobacillus helveticus*. *J Ind Microbiol Biotechnol*. 1997;18:272-277. doi: 10.1038/sj.jim.2900379
48. Frengova GI, Beshkova DM. Carotenoids from *Rhodotorula* and *Phaffia*: yeasts of biotechnological importance. *J Ind Microbiol Biotechnol*. 2009;36(2):163-80. doi: 10.1007/s10295-008-0492-9
49. Frengova GI, Simova ED, Beshkova DM. Improvement of carotenoid-synthesizing yeast *Rhodotorula rubra* by chemical mutagenesis. *Zeitschrift fur Naturforschung C*. 2004;59(1-2):99-103. doi: 10.1515/znc-2004-1-220
50. Frengova GI, Simova ED, Beshkova DM. β -Carotene rich carotenoid-protein preparation and exopolysaccharide production by *Rhodotorula rubra* GED8 grown with a yogurt starter culture. *Z Naturforsch C*. 2006;61(7-8):571-577. doi: 10.1515/znc-2006-7-817
51. Galvão KN et al. Effect of feeding live yeast products to calves with failure of passive transfer on performance and patterns of antibiotic resistance in fecal *Escherichia coli*. *Reproduction Nutrition Development*. 2005;45(4):427-440. doi: 10.1051/rnd:2005040

52. Ge Ye, Kaisen H, Weitian X, Chunhou X, Qiucheng Y, Ying L. Effects of *Rhodotorula mucilaginosa* on the Immune Function and Gut Microbiota of Mice. *Front Fungal Biol.* 2021;2:705696. doi: 10.3389/ffunb.2021.705696
53. Guo J, Chen S, Feng Y, Guo Z, Wu D, Xing C et al. Effects of feeding *Rhodotorula mucilaginosa* on the growth properties in *Scorturm barcoo*. *Siliao Gongye.* 2020;41:44-49.
54. Gupta A, Vongsvivut J, Barrow CJ, Puri M. Molecular identification of marine yeast and its spectroscopic analysis establishes unsaturated fatty acid accumulation. *J Biosci Bioeng.* 2012;114(4):411-417. doi: 10.1016/j.jbiosc.2012.05.013
55. Haddad SG, Goussous SN. Effect of yeast culture supplementation on nutrient intake, digestibility and growth performance of Awassi lambs. *Anim Feed Sci Tech.* 2005;118(3-4):343-348. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2004.10.003
56. Han JY, Lee SJ, Jung MK, Choi SK, Roh JS. Process for extracting astaxanthin pigment from yeast and extracted pigment thereof. US patent 2003/0087335 A1. 8 May 2003.
57. Jouany JP. A new look at yeast cultures as probiotics for ruminants. *Feed Mix.* 2001;9:17-19.
58. Kanzy HM et al. Optimization of carotenoids production by yeast strains of *Rhodotorula* using salted cheese whey. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences.* 2015;4(1):456-469.
59. Kaulmann A, Bohn T. Carotenoids, inflammation, and oxidative stress-implications of cellular signaling pathways and relation to chronic disease prevention. *Nutrition Research.* 2014;34(11):907-929. doi: 10.1016/j.nutres.2014.07.010
60. Kim J, DellaPenna D. Defining the primary route for lutein synthesis in plants: the role of *Arabidopsis* carotenoid beta-ring hydroxylase CYP97A3. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America.* 2006;103(9):3474-3479. doi: 10.1073/PNAS.0511207103
61. Kobayashi M, Kakizono T, Nagai S. Astaxanthin production by a green alga, *Haematococcus pluvialis* accompanied with morphological changes in acetate media. *J Ferm Bioeng.* 1991;71(5):335-339. doi: 10.1016/0922-338X(91)90346-I
62. Korumilli T, Susmita M. Carotenoid production by *Rhodotorula* sp. on fruit waste extract as a sole carbon source and optimization of key parameters. *Iranian Journal of Chemistry & Chemical Engineering-International.* 2014;33(3-71):89-99. doi: 10.30492/IJCCE.2014.11344
63. Kot AM, Błażej S, Kurcz A, Gientka I, et al. *Rhodotorula glutinis* — potential source of lipids, carotenoids, and enzymes for use in industries. *Appl Microbiol Biotechnol.* 2016;100(14):6103-6117. doi: 10.1007/s00253-016-7611-8
64. Lascano GL, Heinrichs AJ. Rumen fermentation pattern of dairy heifers fed restricted amounts of low, medium, and high concentrate diets without and with yeast culture. *Livestock Science.* 2009;124(1-3):48-57. doi: 10.1016/j.livsci.2008.12.007
65. Latha BV, Jeevaratnam K, Murali HS, Manja KS. Influence of growth factors on carotenoid pigmentation of *Rhodotorula glutinis* DFR-PDY from natural source. *Indian Journal of Biotechnology.* 2005;4(3):353-357.
66. Lei Y, Kim I H. Effect of *Phaffia rhodozyma* on performance, nutrient digestibility, blood characteristics, and meat quality in finishing pigs. *J Anim Sci.* 2014;92(1):171-176. doi: 10.2527/jas.2013-6749
67. Marova I, Certic M, Breierova E. Production of enriched biomass with carotenogenic yeast - Application of whole-cell yeast biomass to production of pigments and other lipid compounds. In: Matovic D, editor. *Biomass - detection, production and usage.* Intech. 2011:345-384. doi: http://dx.doi.org/10.5772/19235
68. Mata-Gómez LC, Montañez JC, Méndez-Zavala A, et al. Biotechnological production of carotenoids by yeast: an overview. *Microb Cell Fact.* 2014;13(1):12. doi: 10.1186/1475-2859-13-12
69. Matilde C, Lippolis A, Fava F, Rodolfi L, et al. *Microbes: Food for the Future.* *Foods.* 2021;10(5):971. doi: 10.3390/foods10050971

70. McGraw KJ, Beebe MD, Hill GE, Parker RS. Lutein-based plumage coloration in songbirds is a consequence of selective pigment incorporation into feathers. *Comp Biochem Physiol B Biochem Mol Biol.* 2003;135(4):689-696. doi: 10.1016/s1096-4959(03)00164-7
71. Meyer SP. Developments in world aquaculture, formulations, and the role of carotenoids. *Pure Appl Chem.* 1994;66(5):1069-1076.
72. Mihalcea A, Ferdes M, Chirvase AA, Ungureanu C, et al. The influence of operating conditions on the growth of the yeast *Rhodotorula rubra* ICCF 209 and on torularhodin formation. *Rev Chim. (Bucharest).* 2011;62(6):659-665.
73. Moline M, Flores MR, Libkind D, del Carmen DM, Farias ME, van Broock M. Photoprotection by carotenoid pigments in the yeast *Rhodotorula mucilaginosa*: the role of torularhodin. *Photochemical & Photobiological Sciences.* 2010;9:1145-1151. doi: 10.1039/c0pp00009d
74. Nozierea P, Graulet B, Lucas A, Martin B, Grolier P, Doreau M. Carotenoids for ruminants: From forages to dairy products. *Animal Feed Sci Technol.* 2006;131(3-4):418-450. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2006.06.018
75. Ogunade IM, Lay J, Andries K, et al. Effects of live yeast on differential genetic and functional attributes of rumen microbiota in beef cattle. *J Animal Sci Biotechnol.* 2019;10:68. doi: 10.1186/s40104-019-0378-x
76. Orranee S, Moonmanee T, Lumsangkul C, Doan HV, et al. Can red yeast (*Sporidiobolus pararoseus*) be used as a novel feed additive for mycotoxin binders in broiler chickens? *Toxins.* 2022;14(10):678. doi:10.3390/toxins14100678
77. Pasarin D, Rovinaru C. Sources of carotenoids and their uses as animal feed additives- a review. *Scientific Papers. Series D. Animal Science.* 2018; LXI(2):74-85.
78. Patterson R, Rogiewicz AG, Kiarie E, Slominski BA. Yeast derivatives as a source of bioactive components in animal nutrition: A brief review. *Front Vet Sci.* 2023;9:2022. doi: 10.3389/fvets.2022.1067383
79. Perrier V, Dubreucq E, Galzy P. Fatty acid and carotenoid composition of *Rhodotorula* strains. *Arch Microbiol.* 1995;164(3):173-179. doi: 10.1007/BF02529968
80. Rucker RB, Suttie JW, McCormick DB, Machlin LJ, editors. *Handbook of Vitamins*: 3rd ed. New York: Marcel Dekker, Inc; 2001. 616 p.
81. Sarada R, Usha T, Ravishankar GA. Influence of stress on astaxanthin production in *Haematococcus pluvialis* grown under different culture conditions. *Process Biochem.* 2002;37(6):623-627. doi: 10.1016/S0032-9592(01)00246-1
82. Somashekar D, Joseph R. Inverse relationship between carotenoid and lipid formation in *Rhodotorula fragilis* according to the C/N ratio of the growth medium. *Word Journal of Microbiology & Biotechnology.* 2000;16:491-493. doi: 10.1023/A:1008917612616
83. Somboonchai T, Foiklang S, Panatuk J, et al. Replacement of soybean meal by red yeast fermented tofu waste on feed intake, growth performance, carcass characteristics, and meat quality in Thai Brahman crossbred beef cattle. *Trop Anim Health Prod.* 2022;54(2):133. doi: 10.1007/s11250-022-03127-5
84. Song B, Wu T, You P, Wang H, Burke JL, Kang K, et al. Dietary supplementation of yeast culture into pelleted total mixed rations improves the growth performance of fattening lambs. *Front Vet Sci.* 2021;8:657816. doi: 10.3389/fvets.2021.657816
85. Sporn MB, Dunlop NM, Newton DL, Smith JM. Prevention of chemical carcinogenesis by vitamin A and its synthetic analogs (retinoids). *Fed Proc.* 1976;35(6):1332-8.
86. Sriphuttha C, Limkul S, Pongsetkul J, Phiwthong T, Massu A, Sumniangyen N, Boontawan P, Ketudat-Cairns M, Boontawan A, Boonchuen P. Effect of fed dietary yeast (*Rhodotorula paludigena* CM33) on shrimp growth, gene expression, intestinal microbial, disease resistance, and meat composition of *Litopenaeus vannamei*. *Developmental and Comparative Immunology.* 2023;147:104896. doi: 10.1016/j.dci.2023.104896
87. Storebakken T, Sorensen M, Bjerkend B, Hiu S. Utilization of astaxanthin from red yeast, *Xanthophyllomyces dendrorhous*, in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*: effects of enzy-

matic cell wall disruption and feed extrusion temperature. *Aquaculture*. 2004;236(1-4):391-403. doi: 10.1016/j.aquaculture.2003.10.035

88. Sun J, Li M, Tang Z, Zhang X, Chen J, Sun Z. Effects of *Rhodotorula mucilaginosa* fermentation product on the laying performance, egg quality jejunal mucosal morphology and intestinal microbiota of hens. *J Appl Microbiol*. 2020;28 (1):54-64. doi: 10.1111/jam.14467

89. Tang W, Wang Y, Zhang J, Cai Y, He Z. Biosynthetic pathway of carotenoids in *rhodotorula* and strategies for enhanced their production. *J Microbiol Biotechnol*. 2019;29(4):507-517. doi: 10.4014/jmb.1801.01022

90. Tinoi J, Rakariyatham N, Deming RL. Simplex optimization of carotenoid production by *Rhodotorula glutinis* using hydrolyzed mung bean waste flour as substrate. *Process Biochem*. 2005;40(7):2551-2557. doi: 10.1016/j.procbio.2004.11.005

91. Wang J, Zhao L, Liu J, Wang H, Xiao Sh. Effect of potential probiotic *Rhodotorula benthica* D30 on the growth performance, digestive enzyme activity and immunity in juvenile sea cucumber *Apostichopus japonicas*. *Fish & Shellfish Immunology*. 2015;43(2):330-336. doi: 10.1016/j.fsi.2014.12.028

92. Wang L, Xie J, Wu W, Li B, Ou J. Excellent microbial cultivation for astaxanthin production and its extraction by *Rhodotorula benthica*. *Med Res*. 2018;2(4):180015. doi: 10.21127/yaoyimr20180015

93. Yang S-P, Wu Z-H, Jian J-Ch, Zhang X-Z. Effect of marine red yeast *Rhodospiridium paludigenum* on growth and antioxidant competence of *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*. 2010;309(1-4):62-65. doi: 10.1016/j.aquaculture.2010.09.032

References

1. Davoli P, Mierau VA, Weber RWS. Carotenoids and fatty acids in red yeast *Sporobolomyces roseus* and *Rhodotorula glutinis*. *Applied Biochemistry and Microbiology*. 2004;40(4):460-465.
2. Bannizina TE, Kanarskii AV, Shcherbakov AV, Chebotar VK, Kiprushkina EI. Yeasts in modern biotechnology. *Journal of International Academy of Refrigeration*. 2016;1:24-29. doi: 10.21047/1606-4313-2016-16-1-24-29
3. Zavyalova AN, Surzhik AV. Physiological role of natural carotinoids. *Current Pediatrics (Moscow)*. 2008;7(6):145-149.
4. Kolodina EN, Artemyeva OA, Kotkovskaya EN, Pavlyuchenkova OV, Pereselkova DA. Study of biological safety yeasts of the genus *candida* as a potential source of feed protein. *Vestnik Orel-GAU*. 2016;5(62):72-78. doi: 10.15217/48484
5. Duskaev GK, Levakhin GI, Korolyov VL, Sirazetdinov FK. Use of probiotics and plant extracts to improve the productivity of ruminants (review). *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2019;102(1):136-148. doi: 10.33284/2658-3135-102-1-136
6. Kolpakova VV et al. Use of environmentally safe micromycetes of the genus *Rhodotorula* to obtain fodder carotene containing concentrate. *South of Russia: Ecology, Development*. 2022;17:4(65):61-78. doi: 10.18470/1992-1098-2022-4-61-78
7. Deyneka VI, Shaposhnikov AA, Deyneka LA, Guseva TS, Vostrikova SM, Shentseva EA, Zakirova LR. Carotenoids: the structure, biological functions and perspectives of application. *Belgorod State University Scientific Bulletin. Medicine. Pharmacy*. 2008;6(46):19-25.
8. Kiritsa E. Effect of plant extracts on the process of carotenoid biosynthesis by yeasts. *Herald of Agroindustrial complex of Upper Volga region*. 2017;3(39):54-58.
9. Zakharov ZV, German LS, Petrisheva OA, Zharko MY. The cultivation of the yeast *Phaffia rhodozyma* with constant or periodic light. *Izvestiya MSTU "MAMI"*. 2012;4:2(14):86-89.
10. Moshkina SV, Khimicheva SN. Influence of Active East feed additive on productive qualities of young dairy replacement cattle. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2020;103(3):153-164. doi: 10.33284/2658-3135-103-3-153

11. Savchik AV, Novik GI. Carotene-producing yeast-like fungi and their application in biotechnologiaia survey. Food Industry: Science and Technologies. 2020;13:3(49):70-83.
12. Chervyakova OP, Karaulova SS. Investigation of carotenogenesis by yeast *Rhodotorula rubra*. Advances in Chemistry and Chemical Technology. 2009;13(10(103):117-120.
13. Aksu Z, Eren AT. Carotenoids production by the yeast *Rhodotorula mucilaginosa*: Use of agriculture wastes as a carbon source. Process Biochemistry. 2005;40(9):2985-2991. doi: 10.1016/j.procbio.2005.01.011
14. Aksu Z, Eren AT. Production of carotenoids by the isolated yeast of *Rhodotorula glutinis*. Biochem Eng J. 2007;35(2):107-113. doi: 10.1016/j.bej.2007.01.004
15. An GH, Song JY, Kwak WK, Lee BD, Song KB, Choi JE. Improved astaxanthin availability due to drying and rupturing of the red yeast, *Xanthophyllomyces dendrorhous*. Food Sci Biotechnol. 2006;15(4):506-510.
16. Ayiku S, Shen JF, Tan BP, Dong XH, Liu HY. Effects of dietary yeast culture on shrimp growth, immune response, intestinal health and disease resistance against *Vibrio harveyi*. Fish Shellfish Immun. 2020;102:286-295. doi: 10.1016/j.fsi.2020.04.036
17. Bach A, Iglesias C, Devant M. Daily rumen pH pattern of loose-housed dairy cattle as affected by feeding pattern and live yeast supplementation. Animal Feed Science and Technology. 2007;136(1-2):146-153. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2006.09.011
18. Besarab NV, Gerasimovich K, Kanterova AV, Novik GI. Biosynthetic production of carotenoids using yeast strains of genus *Rhodotorula* on the cheap beer wort substrate. Journal of Microbiology, Biotechnology And Food Sciences. 2018;7(4):383-386. doi: 10.15414/jmbfs.2018.7.383-386
19. Bhosale P, Gadre RV. Production of β -carotene by a mutant of *Rhodotorula glutinis*. Applied Microbiology and Biotechnology. 2001;55(4):423-427. doi: 10.1007/s002530000570
20. Bhosale P, Jogdand VV, Gadre RV. Stability of β -carotene in spray dried preparation of *Rhodotorula glutinis* mutant 32. J Appl Microbiol. 2003;95(3):584-590. doi: 10.1046/j.1365-2672.2003.02018.x
21. Britton G, Hornero-Méndez D. Carotenoids and colour in fruit and vegetables. In: Tomás-Barberán FA, Robins RJ, editors. Phytochemistry of fruit and vegetables. England, Oxford: Clarendon Press; 1997;11-28.
22. Buzzini P, Innocenti M, Turchetti B, Libkind D, et al. Carotenoid profiles of yeasts belonging to the genera *Rhodotorula*, *Rhodospiridium*, *Sporobolomyces* and *Sporidiobolus*. Canadian Journal of Microbiology. 2007;53(8):1024-1031. doi: 10.1139/W07-068
23. Buzzini P, Vaughn-Martini A. Yeast biodiversity and biotechnology. In: Péter G, Rosa C, editors. Biodiversity and Ecophysiology of Yeasts. The Yeast Handbook. Berlin, Heidelberg: Springer; 2006:533-559. doi: 10.1007/3-540-30985-3_22
24. Buzzini P. Batch and fed-batch carotenoid production by *Rhodotorula glutinis*-*Debaryomyces castellii* co-cultures in corn syrup. Journal of Applied Microbiology. 2001;90(5):843-847. doi: 10.1046/j.1365-2672.2001.01319.x
25. Callaway ES, Martin SA. Effects of a *Saccharomyces cerevisiae* culture on ruminal bacteria that utilize lactate and digest cellulose. Journal of Dairy Science. 1997;80(9):2035-2044. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(97)76148-4
26. Chaucheyras-Durand F, Walker ND, Bach A. Effects of active dry yeasts on the rumen microbial ecosystem: Past, present and future. Animal Feed Science and Technology. 2008;145(1-4):5-26. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2007.04.019
27. Chen G, Wang J, Su Y, Zhu Y, Zhang G, Zhao H, et al. Pullulan production from synthetic medium by a new mutant of *Aureobasidium pullulans*. Prep Biochem Biotechnol. 2017;47(10):963-969. doi: 10.1080/10826068.2017.1350979
28. Corona L, Mendoza GD, Castrejón FA, Crosby MM, Cobos MA. Evaluation of two yeast cultures (*Saccharomyces cerevisiae*) on ruminal fermentation and digestion in sheep fed a corn stover diet. Small Ruminant Research. 1999;31(3):209-214. doi: 10.1016/S0921-4488(98)00146-1

29. Costa I, Martelli HL, De Silva IM, Pomeroy D. Production of β -carotene by *Rhodotorula* Strain. *Biotech Lett.* 1987;9(5):373-375. doi: 10.1007/BF01025808
30. Coutinho JOPA, Quintanilha MF, Campos MRA, et al. Antarctic Strain of *Rhodotorula mucilaginosa* UFMGCB 18,377 Attenuates Mucositis Induced by 5-Fluorouracil in Mice. *Probiotics and Antimicrobial Proteins.* 2022;14:486-500. doi: 10.1007/s12602-021-09817-0
31. Cudowski A, Pietryczuk A. Biochemical response of *Rhodotorula mucilaginosa* and *Cladosporium herbarum* isolated from aquatic environment on iron (III) ions. *Sci Rep.* 2009;9:19492. doi: 10.1038/s41598-019-56088-5
32. Daudu R, Parker CW, Singh NK, Wood JM, Debieu M, O'hara NB et al. Draft genome sequences of *Rhodotorula mucilaginosa* strains isolated from the international space station. *Microbiol Resour Announc.* 2020;9:00570-20. doi: 10.1128/MRA.00570-20
33. Dávila-Ramírez JL, Carvajal-Nolazco MR, López-Millanes MJ, González-Ríos H, Cela-ya-Michel H, Sosa-Castañeda J, et al. Effect of yeast culture (*Saccharomyces cerevisiae*) supplementation on growth performance, blood metabolites, carcass traits, quality, and sensorial traits of meat from pigs under heat stress. *J Anim Feed Sci.* 2020;267:114573. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2020.114573
34. Davoli P, Mierau V, Weber RWS. Carotenoids and fatty acids in red yeasts *Sporobolomyces roseus* and *Rhodotorula glutinis*. *Appl Biochem Microbiol.* 2004;40:392-397. doi: 10.1023/B:ABIM.0000033917.57177.f2
35. de C. Cardoso LA, Kanno KYF, Karp SG. Microbial production of carotenoids — A review. *African Journal of Biotechnology.* 2017;16(4):139-146. doi: 10.5897/AJB2016.15763
36. Denev SA, Peeva T, Radulova P, Stancheva P, Staykova G, Beev G, et al. Yeast cultures in ruminant nutrition. *Bulg J Agric Sci.* 2007;13:357-74.
37. Durá MA, Flores M, Toldrá F. Effect of *Debaryomyces* spp. on the proteolysis of dry-fermented sausages. *Meat Science.* 2004;68(2):319-328. doi: 10.1016/j.meatsci.2004.03.015
38. Durand-Chaucheyras F, Fonty G, Bertin G, Théveniot M, Gouet P. Fate of Levucell® SC I-1077 yeast additive during digestive transit in lambs. *Reproduction Nutrition Development.* 1998;38(3):275-280. doi: 10.1051/rnd:19980307
39. El-Banna AAE-R, El-Razek AMA, El-Mahdy AR. Isolation, Identification and Screening of Carotenoid-Producing Strains of *Rhodotorula glutinis*. *Food and Nutrition Sci.* 2012;3(5):627-633. doi: 10.4236/fns.2012.35086
40. El-Banna Amr A, Amal M Abd El-Razek, El-Mahdy AR. Some factors affecting the production of carotenoids by *Rhodotorula glutinis* var. *Glutinis*. *Food and Nutrition Sciences.* 2012;3:64-71. doi: 10.4236/fns.2012.31011
41. Elwan HAM, Elnesr SS, Abdallah Y, Hamdy A, El-Bogdady AH. Red yeast (*Phaffia rhodozyma*) as a source of astaxanthin and its impacts on productive performance and physiological responses of poultry. *World Poultry Sci J.* 2019;75(2):273-284. doi:10.1017/S0043933919000187
42. Falces-Romero I, Cendejas-Bueno E, Romero-Gomez MP, Garcia-Rodriguez J. Isolation of *Rhodotorula mucilaginosa* from blood cultures in a tertiary care hospital. *Mycoses.* 2018;61(1):35-39. doi: 10.1111/myc.12703
43. Fang TJ, Wang JM. Extractability of astaxanthin in a mixed culture of a carotenoid over-producing mutant of *Xanthophyllomyces dendrorhous* and *Bacillus circulans* in two-stage batch fermentation. *Process Biochem.* 2002;37(11):1235-1245. doi: 10.1016/S0032-9592(02)00011-0
44. Ferrao M, Garg S. Studies on effect of media components on growth and β -carotene production by *Rhodotorula graminis* RC04. *Journal of Cell and Tissue Research.* 2011;11(1):2551-2556.
45. Fomenky BE, Bissonnette N, Talbo G et al. Impact of *Saccharomyces cerevisiae* boulardii CNCMI-1079 and *Lactobacillus acidophilus* BT1386 on total lactobacilli population in the gastrointestinal tract and colon histomorphology of Holstein dairy calves. *Animal Feed Science and Technology.* 2017;234:151-161. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2017.08.019
46. Fonty G, Chaucheyras-Durand F. Effects and modes of action of live yeasts in the rumen. *Biologia.* 2006;61:741-50. doi: 10.2478/s11756-006-0151-4

47. Frengova G, Simova E, Beshkova D. Caroteno-protein and exopolysaccharide production by co-cultures of *Rhodotorula glutinis* and *Lactobacillus helveticus*. *J Ind Microbiol Biotechnol*. 1997;18:272-277. doi: 10.1038/sj.jim.2900379
48. Frengova GI, Beshkova DM. Carotenoids from *Rhodotorula* and *Phaffia*: yeasts of biotechnological importance. *J Ind Microbiol Biotechnol*. 2009;36(2):163-80. doi: 10.1007/s10295-008-0492-9
49. Frengova GI, Simova ED, Beshkova DM. Improvement of carotenoid-synthesizing yeast *Rhodotorula rubra* by chemical mutagenesis. *Zeitschrift fur Naturforschung C*. 2004;59(1-2):99-103. doi: 10.1515/znc-2004-1-220
50. Frengova GI, Simova ED, Beshkova DM. β -Carotene rich carotenoid-protein preparation and exopolysaccharide production by *Rhodotorula rubra* GED8 grown with a yogurt starter culture. *Z Naturforsch C*. 2006;61(7-8):571-577. doi: 10.1515/znc-2006-7-817
51. Galvão KN et al. Effect of feeding live yeast products to calves with failure of passive transfer on performance and patterns of antibiotic resistance in fecal *Escherichia coli*. *Reproduction Nutrition Development*. 2005;45(4):427-440. doi: 10.1051/rnd:2005040
52. Ge Ye, Kaisen H, Weitian X, Chunhou X, Qiucheng Y, Ying L. Effects of *Rhodotorula mucilaginosa* on the Immune Function and Gut Microbiota of Mice. *Front Fungal Biol*. 2021;2:705696. doi: 10.3389/ffunb.2021.705696
53. Guo J, Chen S, Feng Y, Guo Z, Wu D, Xing C et al. Effects of feeding *Rhodotorula mucilaginosa* on the growth properties in *Scorturm barcoo*. *Siliao Gongye*. 2020;41:44-49.
54. Gupta A, Vongsvivut J, Barrow CJ, Puri M. Molecular identification of marine yeast and its spectroscopic analysis establishes unsaturated fatty acid accumulation. *J Biosci Bioeng*. 2012;114(4):411-417. doi: 10.1016/j.jbiosc.2012.05.013
55. Haddad SG, Goussous SN. Effect of yeast culture supplementation on nutrient intake, digestibility and growth performance of Awassi lambs. *Anim Feed Sci Tech*. 2005;118(3-4):343-348. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2004.10.003
56. Han JY, Lee SJ, Jung MK, Choi SK, Roh JS. Process for extracting astaxanthin pigment from yeast and extracted pigment thereof. US patent 2003/0087335 A1. 8 May 2003.
57. Jouany JP. A new look at yeast cultures as probiotics for ruminants. *Feed Mix*. 2001;9:17-19.
58. Kanzy HM et al. Optimization of carotenoids production by yeast strains of *Rhodotorula* using salted cheese whey. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 2015;4(1):456-469.
59. Kaulmann A, Bohn T. Carotenoids, inflammation, and oxidative stress-implications of cellular signaling pathways and relation to chronic disease prevention. *Nutrition Research*. 2014;34(11):907-929. doi: 10.1016/j.nutres.2014.07.010
60. Kim J, DellaPenna D. Defining the primary route for lutein synthesis in plants: the role of *Arabidopsis* carotenoid beta-ring hydroxylase CYP97A3. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 2006;103(9):3474-3479. doi: 10.1073/PNAS.0511207103
61. Kobayashi M, Kakizono T, Nagai S. Astaxanthin production by a green alga, *Haematococcus pluvialis* accompanied with morphological changes in acetate media. *J Ferm Bioeng*. 1991;71(5):335-339. doi: 10.1016/0922-338X(91)90346-I
62. Korumilli T, Susmita M. Carotenoid production by *Rhodotorula* sp. on fruit waste extract as a sole carbon source and optimization of key parameters. *Iranian Journal of Chemistry & Chemical Engineering-International*. 2014;33(3-71):89-99. doi: 10.30492/IJCCE.2014.11344
63. Kot AM, Błażej S, Kurcz A, Gientka I, et al. *Rhodotorula glutinis* — potential source of lipids, carotenoids, and enzymes for use in industries. *Appl Microbiol Biotechnol*. 2016;100(14):6103-6117. doi: 10.1007/s00253-016-7611-8

64. Lascano GL, Heinrichs AJ. Rumen fermentation pattern of dairy heifers fed restricted amounts of low, medium, and high concentrate diets without and with yeast culture. *Livestock Science*. 2009;124(1-3):48-57. doi: 10.1016/j.livsci.2008.12.007
65. Latha BV, Jeevaratnam K, Murali HS, Manja KS. Influence of growth factors on carotenoid pigmentation of *Rhodotorula glutinis* DFR-PDY from natural source. *Indian Journal of Biotechnology*. 2005;4(3):353-357.
66. Lei Y, Kim I H. Effect of *Phaffia rhodozyma* on performance, nutrient digestibility, blood characteristics, and meat quality in finishing pigs. *J Anim Sci*. 2014;92(1):171-176. doi: 10.2527/jas.2013-6749
67. Marova I, Certic M, Breierova E. Production of enriched biomass with carotenogenic yeast - Application of whole-cell yeast biomass to production of pigments and other lipid compounds. In: Matovic D, editor. *Biomass - detection, production and usage*. Intech. 2011:345-384. doi: <http://dx.doi.org/10.5772/19235>
68. Mata-Gómez LC, Montañez JC, Méndez-Zavala A, et al. Biotechnological production of carotenoids by yeast: an overview. *Microb Cell Fact*. 2014;13(1):12. doi: 10.1186/1475-2859-13-12
69. Matilde C, Lippolis A, Fava F, Rodolfi L, et al. Microbes: Food for the Future. *Foods*. 2021;10(5):971. doi: 10.3390/foods10050971
70. McGraw KJ, Beebe MD, Hill GE, Parker RS. Lutein-based plumage coloration in songbirds is a consequence of selective pigment incorporation into feathers. *Comp Biochem Physiol B Biochem Mol Biol*. 2003;135(4):689-696. doi: 10.1016/s1096-4959(03)00164-7
71. Meyer SP. Developments in world aquaculture, formulations, and the role of carotenoids. *Pure Appl Chem*. 1994;66(5):1069-1076.
72. Mihalcea A, Ferdes M, Chirvase AA, Ungureanu C, et al. The influence of operating conditions on the growth of the yeast *Rhodotorula rubra* ICCF 209 and on torularhodin formation. *Rev Chim. (Bucharest)*. 2011;62(6):659-665.
73. Moline M, Flores MR, Libkind D, del Carmen DM, Farias ME, van Broock M. Photoprotection by carotenoid pigments in the yeast *Rhodotorula mucilaginosa*: the role of torularhodin. *Photochemical & Photobiological Sciences*. 2010;9:1145-1151. doi: 10.1039/c0pp00009d
74. Nozierea P, Graulet B, Lucas A, Martin B, Grolier P, Doreau M. Carotenoids for ruminants: From forages to dairy products. *Animal Feed Sci Technol*. 2006;131(3-4):418-450. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2006.06.018
75. Ogunade IM, Lay J, Andries K, et al. Effects of live yeast on differential genetic and functional attributes of rumen microbiota in beef cattle. *J Animal Sci Biotechnol*. 2019;10:68. doi: 10.1186/s40104-019-0378-x
76. Orranee S, Moonmanee T, Lumsangkul C, Doan HV, et al. Can red yeast (*Sporidiobolus pararoseus*) be used as a novel feed additive for mycotoxin binders in broiler chickens? *Toxins*. 2022;14(10):678. doi:10.3390/toxins14100678
77. Pasarin D, Rovinaru C. Sources of carotenoids and their uses as animal feed additives- a review. *Scientific Papers. Series D. Animal Science*. 2018; LXI(2):74-85.
78. Patterson R, Rogiewicz AG, Kiarie E, Slominski BA. Yeast derivatives as a source of bioactive components in animal nutrition: A brief review. *Front Vet Sci*. 2023;9:2022. doi: 10.3389/fvets.2022.1067383
79. Perrier V, Dubreucq E, Galzy P. Fatty acid and carotenoid composition of *Rhodotorula* strains. *Arch Microbiol*. 1995;164(3):173-179. doi: 10.1007/BF02529968
80. Rucker RB, Suttie JW, McCormick DB, Machlin LJ, editors. *Handbook of Vitamins*: 3rd ed. New York: Marcel Dekker, Inc; 2001. 616 p.
81. Sarada R, Usha T, Ravishankar GA. Influence of stress on astaxanthin production in *Haematococcus pluvialis* grown under different culture conditions. *Process Biochem*. 2002;37(6):623-627. doi: 10.1016/S0032-9592(01)00246-1

82. Somashekar D, Joseph R. Inverse relationship between carotenoid and lipid formation in *Rhodotorula fragilis* according to the C/N ratio of the growth medium. *Word Journal of Microbiology & Biotechnology*. 2000;16:491-493. doi: 10.1023/A:1008917612616
83. Somboonchai T, Foiklang S, Panatuk J, et al. Replacement of soybean meal by red yeast fermented tofu waste on feed intake, growth performance, carcass characteristics, and meat quality in Thai Brahman crossbred beef cattle. *Trop Anim Health Prod*. 2022;54(2):133. doi: 10.1007/s11250-022-03127-5
84. Song B, Wu T, You P, Wang H, Burke JL, Kang K, et al. Dietary supplementation of yeast culture into pelleted total mixed rations improves the growth performance of fattening lambs. *Front Vet Sci*. 2021;8:657816. doi: 10.3389/fvets.2021.657816
85. Sporn MB, Dunlop NM, Newton DL, Smith JM. Prevention of chemical carcinogenesis by vitamin A and its synthetic analogs (retinoids). *Fed Proc*. 1976;35(6):1332-8.
86. Sriphuttha C, Limkul S, Pongsetkul J, Phiwthong T, Massu A, Sumniangyen N, Boontawan P, Ketudat-Cairns M, Boontawan A, Boonchuen P. Effect of fed dietary yeast (*Rhodotorula paludigena* CM33) on shrimp growth, gene expression, intestinal microbial, disease resistance, and meat composition of *Litopenaeus vannamei*. *Developmental and Comparative Immunology*. 2023;147:104896. doi: 10.1016/j.dci.2023.104896
87. Storebakken T, Sorensen M, Bjerkend B, Hiu S. Utilization of astaxanthin from red yeast, *Xanthophyllomyces dendrorhous*, in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*: effects of enzymatic cell wall disruption and feed extrusion temperature. *Aquaculture*. 2004;236(1-4):391-403. doi: 10.1016/j.aquaculture.2003.10.035
88. Sun J, Li M, Tang Z, Zhang X, Chen J, Sun Z. Effects of *Rhodotorula mucilaginosa* fermentation product on the laying performance, egg quality jejunal mucosal morphology and intestinal microbiota of hens. *J Appl Microbiol*. 2020;28 (1):54-64. doi: 10.1111/jam.14467
89. Tang W, Wang Y, Zhang J, Cai Y, He Z. Biosynthetic pathway of carotenoids in *rhodotorula* and strategies for enhanced their production. *J Microbiol Biotechnol*. 2019;29(4):507-517. doi: 10.4014/jmb.1801.01022
90. Tinoi J, Rakariyatham N, Deming RL. Simplex optimization of carotenoid production by *Rhodotorula glutinis* using hydrolyzed mung bean waste flour as substrate. *Process Biochem*. 2005;40(7):2551-2557. doi: 10.1016/j.procbio.2004.11.005
91. Wang J, Zhao L, Liu J, Wang H, Xiao Sh. Effect of potential probiotic *Rhodotorula benthica* D30 on the growth performance, digestive enzyme activity and immunity in juvenile sea cucumber *Apostichopus japonicus*. *Fish & Shellfish Immunology*. 2015;43(2):330-336. doi: 10.1016/j.fsi.2014.12.028
92. Wang L, Xie J, Wu W, Li B, Ou J. Excellent microbial cultivation for astaxanthin production and its extraction by *Rhodotorula benthica*. *Med Res*. 2018;2(4):180015. doi: 10.21127/yaoyimr20180015
93. Yang S-P, Wu Z-H, Jian J-Ch, Zhang X-Z. Effect of marine red yeast *Rhodospiridium paludigenum* on growth and antioxidant competence of *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*. 2010;309(1-4):62-65. doi: 10.1016/j.aquaculture.2010.09.032

Информация об авторах:

Мария Валентиновна Довыденкова, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник лаборатории микробиологии, Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста, 142132, Московская область, городской округ Подольск, п. Дубровицы, д. 60, тел.: 8(4967)651133.

Евгения Николаевна Колодина, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории микробиологии, Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста, 142132, Московская область, городской округ Подольск, п. Дубровицы, д. 60, тел.: 8(4967)651133.

Дарья Александровна Никанова, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории микробиологии, Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста, 142132, Московская область, городской округ Подольск, п. Дубровицы, д. 60, тел.: 8(4967)651133.

Татьяна Ивановна Логвинова, кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории микробиологии, Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста, 142132, Московская область, городской округ Подольск, п. Дубровицы, д. 60, тел.: 8(4967)651133.

Ольга Анатольевна Артемьева, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории микробиологии, Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста, 142132, Московская область, городской округ Подольск, п. Дубровицы, д. 60, тел.: 8(4967)651133.

Information about the authors:

Maria V Dovydenkova, Cand. Sci. (Agriculture), Researcher at the Microbiology Laboratory, Federal Research Center of Animal Husbandry – VIZ named after Academician L.K. Ernst, 60 Dubrovitsy village, Podolsk City district, Moscow region, 142132, tel.: 8(4967)651133.

Evgeniya N Kolodina, Cand. Sci. (Biology), Senior Researcher at the Microbiology Laboratory, Federal Research Center of Animal Husbandry – VIZ named after Academician L.K. Ernst, 60 Dubrovitsy village, Podolsk City district, Moscow region, 142132, tel.: 8(4967)651133.

Daria A Nikanova, Cand. Sci. (Biology), Senior Researcher at the Microbiology Laboratory, Federal Research Center of Animal Husbandry – VIZ named after Academician L.K. Ernst, 60 Dubrovitsy village, Podolsk City district, Moscow region, 142132, tel.: 8(4967)651133.

Tatiana I Logvinova, Cand. Sci. (Biology), Researcher at the Microbiology Laboratory, Federal Research Center of Animal Husbandry – VIZ named after Academician L.K. Ernst, 60 Dubrovitsy village, Podolsk City district, Moscow region, 142132, tel.: 8(4967)651133.

Olga A Artemieva, Cand. Sci. (Biology), Leading Researcher at the Microbiology Laboratory, Federal Research Center of Animal Husbandry – VIZ named after Academician L.K. Ernst, 60 Dubrovitsy village, Podolsk City district, Moscow region, 142132, tel.: 8(4967)651133.

Статья поступила в редакцию 15.04.2024; одобрена после рецензирования 23.04.2024; принята к публикации 10.06.2024.

The article was submitted 15.04.2024; approved after reviewing 23.04.2024; accepted for publication 10.06.2024.

Животноводство и кормопроизводство. 2024. Т. 107, № 2. С. 170-178.
Animal Husbandry and Fodder Production. 2024. Vol. 107, no 2. P. 170-178.

КОРМОПРОИЗВОДСТВО И КОРМА

Научная статья
УДК 632.95.028
doi:10.33284/2658-3135-107-2-170

Характер ферментации питательных веществ ячменя при использовании экзоферментов

**Юрий Андреевич Сечнев¹, Елена Владимировна Шейда², Ольга Вилориевна Кван³,
Ярослав Алексеевич Сизенцов⁴**

^{1,2,3,4}Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, Оренбург, Россия

¹y.sechnev@outlook.com, <https://orcid.org/0009-0009-5920-1185>

²elena-shejjda@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2586-613X>

³kwan111@vandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0561-7002>

⁴yasizen@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1871-0225>

Аннотация. Комплексы фибролитических ферментов широко используются в кормлении сельскохозяйственных животных с целью повышения переваримости и эффективности нутриентов за счёт применения их при приготовлении кормов. В статье приведены результаты исследований по обогащению зерновых кормов путём ферментации субстратов, используя различные дозы фибролитических ферментов. Цель исследования – изучить свойства фибролитических ферментных препаратов на изменение химического состава зерновых кормов. В качестве ферментного препарата использовали альфа-Амилазу грибную (Амилоризин) – фермент, полученный на основе штамма *Aspergillus oryzae*. В исследовании использовали различные сорта ячменя, культивируемые в нашем центре, с различным содержанием питательных веществ. Ферментный препарат использовали в дозах 25 и 50 мг/кг растительного сырья. Зерно ячменя развешивали по 200 г в герметичные пластиковые контейнеры, вносили нужный объём ферментного препарата и помещали в термостат для инкубирования при температуре +39 °С на 24 часа. Учёт деградации питательных веществ ячменя проводили через 3, 6, 9, 12 и 24 часа. Исследования переваримости сухого вещества (СВ) ячменя проводили методом *in vitro* с применением инкубатора «ANKOM Daisy II» (модификации D200 и D200I). Использование фибролитического фермента при ферментации зернового субстрата способствует разложению сырой клетчатки ячменя до 6 %, увеличению содержания жира и улучшению переваримости сухого вещества на 5,4-6,8 % в системе «искусственный рубец».

Ключевые слова: зерно ячменя, ферментация, амилоризин, сухое вещество, сырой жир, сырой протеин, сырая клетчатка

Благодарности: работа выполнена при поддержке Российского научного фонда, проект № 23-16-00061.

Для цитирования: Характер ферментации питательных веществ ячменя при использовании экзоферментов / Ю.А. Сечнев, Е.В. Шейда, О.В. Кван, Я.А. Сизенцов // Животноводство и кормопроизводство. 2024. Т. 107, № 2. С. 170-178. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-107-2-170>

FODDER PRODUCTION AND FODDERS

Original article

The nature of barley nutrients fermentation using exoenzymes

Yuri A Sechnev¹, Elena V Sheida², Olga V Kvan³, Yaroslav A Sizentsov⁴

^{1,2,3,4}Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia

¹y.sechnev@outlook.com, <https://orcid.org/0009-0009-5920-1185>

^{2,5}elena-shejjda@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2586-613X>

³kwan111@vandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0561-7002>

⁴yasizen@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1871-0225>

Abstract. Fibrolytic enzyme complexes are widely used in the feeding of farm animals in order to increase the digestibility and effectiveness of nutrients through their use in the preparation of feed. The article presents the results of research on the enrichment of grain feeds by fermentation of substrates using various doses of fibrolytic enzymes. The purpose of the research is to study the effects of fibrolytic en-

zyme preparations on changes in the chemical composition of grain forage. Fungal alpha-Amylase (Amilorizin), an enzyme derived from *Aspergillus oryzae* strain, was used as an enzyme preparation. The study used different varieties of barley cultivated in our center with different nutrient contents. The enzyme preparation was used in doses of 25 and 50 mg / kg of vegetable raw materials. Barley grain was hung 200 g each in sealed plastic containers, the required volume of enzyme preparation was introduced and placed in a thermostat for incubation at a temperature of 39 °C for 24 hours. The degradation of barley nutrients was recorded after 3, 6, 9, 12 and 24 hours. The studies of the digestibility of dry matter (DM) of barley were carried out by the in vitro method using the incubator "ANKOM Daisy II" (modifications D200 and D200I). The use of a fibrolytic enzyme in the fermentation of a grain substrate contributes to the decomposition of raw fiber of barley up to 6%, an increase in fat content and an improvement in the digestibility of dry matter by 5.4-6.8% in the "artificial rumen" system.

Keywords: barley grain, fermentation, amylorizine, dry matter, crude fat, crude protein, crude fiber

Acknowledgments: the work was supported by the Russian Science Foundation, Project No. 23-16-00061.

For citation: Sechnev YuA, Sheida EV, Kvan OV, Sizentsov YaA. The nature of barley nutrients fermentation using exoenzymes. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2024;107(2):170-178. (In Russ.). <https://doi.org/10.33284/2658-3135-107-2-170>

Введение.

Продукты животного происхождения играют очень важную роль в обеспечении здоровья человека, поэтому спрос на них только возрастает и для снабжения населения достаточным их количеством необходимо предпринимать меры по увеличению продуктивности сельскохозяйственных животных. Продуктивность животных зависит не от кормов, которые они потребляют, а от питательных веществ, поступающих в организм (Ravindran V and Jang HS, 2011).

Повышение питательной и энергетической ценности рациона за счёт скармливания зерновых является одним из наиболее распространённых решений в кормлении жвачных. Зерновые культуры являются наиболее важным источником энергии и протеина для увеличения продуктивности. В связи с этим наука о кормлении животных работает в соответствии с биотехнологией, и в отрасли кормопроизводства появляются новые технологии, позволяющие повысить питательность и перевариваемость корма для повышения его конверсии и образования меньшего количества навоза, а также улучшения состава кормов (Bissi L et al., 2018).

Комплексы фибролитических ферментов широко используются в кормлении сельскохозяйственных животных с целью снижения содержания в кормах токсичных веществ, повышения переваримости рационов и эффективности нутриентов за счёт их применения в приготовлении кормов или при использовании совместно с кормами (Nazare C et al., 2024). Почти все химические реакции в биологической клетке требуют ферментов, поскольку они избирательны в отношении различных субстратов, а набор ферментов, вырабатываемых в клетке, определяет, какие метаболические процессы происходят в этой клетке.

Ферментированные корма повышают усвояемость пищевых добавок, что приводит к улучшению состояния животных и увеличению продуктивности. Увеличивая усвояемость питательных веществ, использование ферментов приводит к большей эффективности производства продуктов животного происхождения. Помимо повышения питательной ценности, ферментация кормов оказывает положительное воздействие на окружающую среду, позволяя экономить природные ресурсы и снижать загрязнение отходами производств (Агафонова Е.А. и др., 2023).

Цель исследования.

Изучить свойства фибролитических ферментных препаратов на изменение химического состава зерновых кормов.

Материалы и методы исследования.

Объект исследования. В качестве ферментного препарата использовали альфа-Амилазу грибную (Амилоризин) – фермент полученный на основе штамма *Aspergillus oryzae*. Расщепляет

молекулы доступного крахмала с образованием мальтодекстринов, олигосахаридов и мальтозы. Ферментная активность: 2 500 Ед/г (БИОПРЕПАРАТ, г. Воронеж, Россия).

В исследовании использовали различные сорта ячменя, культивируемые в нашем центре, с различным содержанием питательных веществ (табл. 1). Ферментный препарат использовали в дозах 25 и 50 мг/кг растительного сырья.

Таблица 1. Химический состав зерна ячменя, %
Table 1. Chemical composition of barley grain, %

Наименование показателей / Name of indicators	Сорт/ Variety				
	1 Анна /Anna	2 Губернаторский /Gubernatorial	3 Лида /Lida	4 Миар /Miar	5 Натали Natalie
Массовая доля сырого протеина / <i>Mass fraction of crude protein</i>	14,82	14,82	14,42	14,99	14,42
Массовая доля сухого вещества / <i>Mass fraction of dry matter</i>	91,0	89,3	88,7	87,3	89,6
Массовая доля влаги / <i>Mass fraction of moisture</i>	9,0	10,7	11,3	12,7	10,4
Массовая доля сырой клетчатки / <i>Mass fraction of crude fiber</i>	11,2	10,0	10,3	7,7	8,6
Массовая доля сырой золы / <i>Mass fraction of crude ash</i>	2,7	2,0	2,4	2,6	2,8
Массовая доля сырого жира / <i>Mass fraction of crude fat</i>	0,3	0,8	0,5	0,9	0,98
Массовая доля сахара / <i>Mass fraction of sugar</i>	4,08	3,73	3,58	3,45	3,48
Массовая доля крахмала / <i>Mass fraction of starch</i>	9,15	10,82	9,38	11,16	9,71

Зерно ячменя развешивали по 200 г в герметичные пластиковые контейнеры, вносили нужный объем ферментного препарата и помещали в термостат для инкубирования при температуре +39 °С на 24 часа. Учёт деградации питательных веществ ячменя проводили через 3, 6, 9, 12 и 24 часа.

В растительных субстратах определяли массовую долю сухого вещества (ГОСТ 31640-2012), сырого протеина (ГОСТ 13496.4-2019), массовую долю сырого жира (ГОСТ 13496.15-2016), массовую долю сырой клетчатки (ГОСТ 31675-2012), массовую долю сырой золы (ГОСТ 26226-95).

Исследования переваримости сухого вещества (СВ) ячменя проводили методом *in vitro* с использованием инкубатора «ANKOM DaisyII» (модификации D200 и D200I) по специализированной методике (Шейда Е.В., 2022).

Оборудование и технические средства. Исследования выполнены с использованием приборной базы ЦКП БСТ РАН (г. Оренбург) (<http://цкп-бст.рф>). Для ферментации ячменя использовали термостат суховоздушный ТС-1/80 СПУ мод. 1001 (80 л, камера из нержавеющей стали, вентилятор, освещение) (Смоленское СКТБ СПУ, Россия). Определение жира в опытных образцах проводили методом Сокслета-Рэндалла, клетчатки при помощи экстрактора VELP Scientifica (Италия). Переваримость определяли в искусственном рубце «ANKOM Daisy II» модификации D200 и D200I (США).

Результаты исследования.

По содержания сырого протеина сорта ячменя имеют не слишком большой разброс, так, максимальное содержания протеина наблюдается у 4-го сорта – 14,99 %, это больше чем в других на 0,17-0,57 % соответственно. По массовой доле содержания сухого вещества максимальное значение зафиксировано в 1-м сорте – 91,0 %, он превышает остальные сорта на 1,4-3,7 % соответственно. В ходе исследования было установлено, что большей способностью к накоплению клетчатки обладает 1-й сорт, он превышает другие сорта по содержанию клетчатки на 0,9-3,5 %. По содержанию концентрации 25 мг/кг массовая доля жира стабильно увеличивалась до 9 часов ферментации 1,69 %, жира наибольшее значение наблюдается в 5-м сорте – 0,98 %, данный показатель больше остальных сортов на 0,08-0,68 %. Помимо этого, в данном сорте больше всего содержится и золы – 2,8 %, этот показатель выше остальных сортов на 0,1-0,8 %. Самое большое содержания сахара наблюдается в 1-м сорте – 4,08 %, этот показатель больше остальных сортов на 0,35-0,63 % соответственно. Было установлено, что крахмала лучше всего накапливается в 4-м сорте – 11,16 %, данный показатель в данном сорте был выше остальных сортов на 0,34-2,01 % (табл. 1).

В ходе проведения исследования было установлено, что при использовании амилаоризина но при дальнейшей ферментации в 12 часов показатель снизился до 1,65% и в дальнейшем не менялся. В свою очередь массовая доля растворимых углеводов стабильно уменьшалась с 3,81 до 3,08 %. Аналогичная ситуация сложилась и с легкогидролизуемых углеводов, показатель снизился с 35,78 до 24,93 %. Это показывает усвояемости данных углеводов при ферментации данного компонента. В зерне содержание протеина на 9 час ферментации увеличилось с 13,13 до 14,19 %, но в дальнейшем доля протеина вернулась к изначальным показателям. По сухому веществу наблюдается снижение, так, изначальная доля в 98,9 % снизилась до 92,8 %. Массовая доля сырой клетчатки не менялась вплоть до 9 часов ферментации, но в дальнейшем содержание клетчатки увеличилось и максимальное значение было зафиксировано в 12 часов ферментации – 6,5 %. Массовая доля золы незначительно варьировалась от изначальных, так, максимальное значение было зафиксировано в 3 часа – 2,6 % а минимальное в 6 и 12 часов – 2,4 % (табл. 2).

Таблица 2. Химический состав зерна ячменя при обработке ферментом амилаоризин в дозировке 25 мг на 1 кг

Table 2. Chemical composition of barley grain when treated with the enzyme amilorizine at a dosage of 25 mg per 1 kg

Наименование показателей/ <i>Name of indicators</i>	Ед. изм./ <i>Unit</i>	Время ферментации, ч / <i>Fermentation time, h</i>				
		3	6	9	12	24
Массовая доля жира/ <i>Mass fraction of fat</i>	%	1,25	1,5	1,69	1,65	1,65
Массовая доля растворимых углеводов/ <i>Mass fraction of soluble carbohydrates</i>	%	3,81	3,42	3,42	3,16	3,08
Массовая доля легкогидролизуемых углеводов/ <i>Mass fraction of easily hydrolyzable carbohydrates</i>	%	35,78	31,0	29,56	20,23	24,93
Массовая доля протеина/ <i>Mass fraction of protein</i>	%	13,13	13,25	14,19	12,56	13,13
Массовая доля сухого вещества/ <i>Mass fraction of dry matter</i>	%	98,9	97,3	97,8	91,9	92,8
Массовая доля сырой клетчатки/ <i>Mass fraction of crude fiber</i>	%	6,1	6,1	6,1	6,5	6,4
Массовая доля сырой золы/ <i>Mass fraction of crude ash</i>	%	2,6	2,4	2,5	2,4	2,5

При ферментации ячменя с включением амилаоризина в концентрации 50 мг на кг наблюдалось увеличение массовой доли жира с 1,65 % до 2,3 % в 9 часов, но в дальнейшем показатель снизился до 1,6 %, минимальное значение было зафиксировано в 12 часов и составило 1,5 %. Доля растворимых углеводов снижалась за все время ферментации с 3,7 до 2,97 %. В свою очередь доля легкогидролизуемых углеводов незначительно повысилась в 6 часов ферментации до 34,9 %, но в дальнейшем данный показатель снизился до 24,9 %. Это показывает положительное влияние фермента на усвояемость углеводов. Содержание протеина за всё время ферментации снижалось с 16 до 12,88 %. Сухое вещество за всё время ферментации снизилось с 97,1 до 91,2 %, показатель сырой клетчатки варьировался незначительно с 6,2 до 5,9 % вплоть до 12 часов ферментации и снизился в 24 часа до 5,5 %. Массовая доля сырой золы незначительно изменялась за все время ферментации, данный показатель снизился с 2,6 до 2,4 %, а минимальное значение было зафиксировано в 6 и 12 часов и составляло 2,3 % (рис. 1).

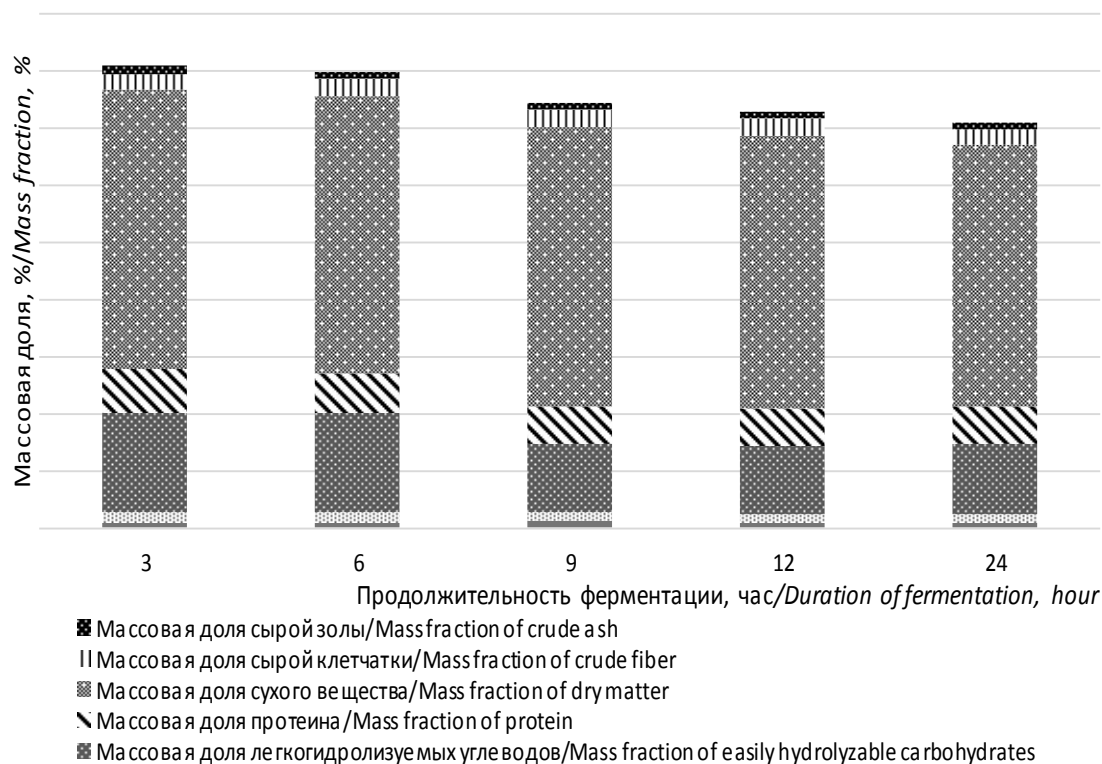


Рисунок 1. Химический состав зерна ячменя при обработке ферментом амилаоризин в дозировке 50 мг на 1 кг в течение 24 часов

Figure 1. Chemical composition of barley grain when treated with the enzyme amilorizine at a dosage of 50 mg per 1 kg for 24 hours

Изучение переваримости СВ ячменя после ферментации показало, что без обработки кормовой субстрат после 48-часовой инкубации способствовал переваримости сухого вещества на 63,5 %. Обработка ферментом амилаоризином увеличивала переваримость СВ ячменя на 6,8 % при использовании фермента в концентрации 25 мг/кг и на 5,4 % – при использовании в концентрации 50 мг/кг (рис. 2).

Переваримость СВ, %/The digestibility of DM, %

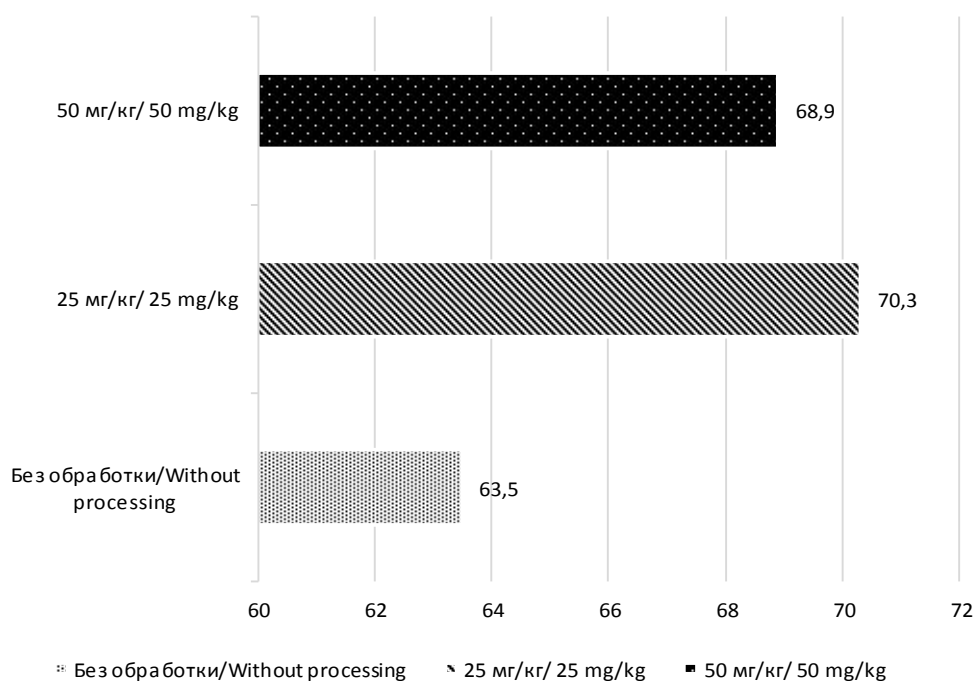


Рисунок 2. Степень переваримости сухого вещества ячменя методом *in vitro*, %
Figure 2. Degree of digestibility of dry matter of barley by *in vitro* method, %

Обсуждение полученных результатов.

До недавнего времени к использованию экзогенных ферментов в кормлении животных, особенно полигастричных, относились со значительным скептицизмом. Недавние исследования показали, что ферментные препараты могут быть весьма эффективными в приготовлении кормов и повышении эффективности использования питательных компонентов рационов сельскохозяйственными животными. Имеется достаточно доказательств весьма значимых взаимодействий фермента с кормом. Кроме того, уровень фермента имеет решающее значение для получения положительного эффекта. Разработка новых ферментных препаратов, предназначенных для животных и для определённых видов кормов повысит потенциальную рентабельность использования этих ферментных продуктов.

Действие экзогенных ферментов максимизируется при нанесении их водного раствора на сухой корм. В нашей лаборатории мы наблюдали, что при нанесении фермента на сухой корм создаётся стабильный комплекс фермент-корм, который повышает эффективность фермента. Этот стабильный комплекс образуется быстро (в течение нескольких часов), и после стабилизации на сухом корме ферменты остаются стабильными и эффективными достаточно длительное время.

Ферменты можно применять при производстве кормов, но необходимо следить за тем, чтобы температура, используемая во время обработки, находилась в пределах допустимого диапазона для конкретного используемого ферментного препарата (Ali AMM et al., 2022).

Feng P с коллегами (1992) наносили раствор фермента непосредственно на траву и не наблюдали эффекта при добавлении к свежему или увядшему сену, но при применении к высушенной траве ферменты повышали усвояемость СВ и клетчатки. Когда мы обрабатывали фибролитическим ферментным препаратом зерно ячменя в концентрации 25 и 50 мг/кг кормового субстрата, мы отметили увеличение переваримости СВ на 5,4-6,8 %.

Treacher R с соавторами (1997) также сообщили, что эффекты добавления ферментов в рационы для силосования ячменя были переменными. Препарат фибролитических ферментов ежедневно распыляли на силосную часть (60 % от суточной нормы) рациона, состоящего из ячменного силоса и перловки. Ферментативные добавки увеличивали переваримость СВ при самом высоком уровне включения, однако когда тот же ферментный препарат включали в количестве 15 % от суточной нормы рациона, не наблюдалось никакого влияния на переваримость СВ и клетчатки (Beauchemin KA et al., 1995). Авторы предположили, что чем выше концентрация фермента при обработке кормового субстрата, тем выше эффективность использования питательных веществ. Однако в нашем исследовании данная тенденция не отмечалась, использование фермента в более низкой концентрации способствовало лучшей переваримости СВ на 1,4 %.

Прямое внесение ферментов в рубец приносит меньше пользы, чем ферментация кормов перед кормлением. Авторы (Treacher R et al., 1997) сравнили эффекты распыления фермента на корм с добавлением фермента непосредственно в рубец через фистулу. Переваримость СВ и клетчатки была выше при добавлении ферментированного корма. Фактически, прямое добавление в рубец может снизить переваримость СВ. Это означает, что, по крайней мере, для определённых ферментных смесей использование прямого скармливания ферментного препарата, который предварительно не был стабилизирован в корме, принесёт мало пользы или вообще не принесёт. Хотя внесение водного раствора ферментов непосредственно в корм усиливает связывание фермента с субстратом, нельзя полностью исключать возможность получения благоприятного эффекта при прямом введении ферментов, поскольку в некоторых исследованиях сообщалось о положительном эффекте введения ферментов в рацион животных (Schoonmaker J, 2015; He ZX et al., 2015).

Заключение.

Использование фибролитического фермента при ферментации зернового субстрата способствует разложению сырой клетчатки ячменя до 6 %, увеличению содержания жира и улучшению переваримости сухого вещества на 5,4-6,8 % в системе «искусственный рубец». Кроме того, существует взаимосвязь между источником корма и типом фермента. Необходимы дальнейшие исследования для чёткого выяснения важных факторов, которые следует учитывать для уменьшения вариативности, связанной с использованием ферментов в рационах жвачных животных.

Список источников

1. Агафонова Е.А., Шейда Е.В., Кван О.В. Использование ферментов в кормлении крупного рогатого скота, последствия для здоровья и продуктивности // Животноводство и кормопроизводство. 2023. Т. 106. № 1. С. 132-143. [Agafonova EA, Sheida EV, Kwan OV. Enzyme use in cattle nutrition, implications for health and productivity (review). *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2023;106(1):132-143. (*In Russ.*)]. doi: 10.33284/2658-3135-106-1-132
2. Шейда Е.В. Изучение влияния различных добавок на ферментативные процессы в рубце и таксономический состав микробиома // Аграрный вестник Урала. 2022. № 3(218). С. 72-82. [Sheyda EV. Study of the effect of various additives on enzymatic processes in the rumen and the taxonomic composition of the microbiome. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2022;3(218):72-82. (*In Russ.*)]. doi: 10.32417/1997-4868-2022-218-03-72-82

3. Ali AMM, Bavisetty SCB, Gullo M, Lertsiri S, Morris J, Massa S. Production of fibrinolytic enzymes during food production. *Current Developments in Biotechnology and Bioengineering: Technologies for Production of Nutraceuticals and Functional Food Products*. 2022;157-187. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-823506-5.00018-7>
4. Beauchemin KA, Rode LM, Sewalt VJH. Fibrolytic enzymes improve growth of steers fed forage-based diets. *Ann Zootech*. 1995;44(S1):69. doi: 10.1051/animres:19950539
5. Bissi L, Zervoudakis JT, de Paula NF, Silva CL, Tedeschi L, Silva PIJLR, Melo ACB, Possamai AJ. Exogenous enzyme on in vitro gas production and ruminal fermentation of diet containing high level of concentrate. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*. 2018;19(3):287-300. doi: 10.1590/s1519-99402018000300006
6. Feng P, Hunt CW, Julien WE, Dickinson K, Moen T. Effect of enzyme additives on in situ and in vitro degradation of mature cool-season grass forage. *J Anim Sci*. 1992;70(S1):309.
7. Hazare C, Bhagwat P, Singh S, Pillai S. Diverse origins of fibrinolytic enzymes: A comprehensive review. *Heliyon*. 2024;10(5):e26668. doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e26668
8. He ZX, Walker ND, McAllister TA, Yang WZ. Effect of wheat dried distillers grains with solubles and fibrolytic enzymes on ruminal fermentation, digestibility, growth performance, and feeding behavior of beef cattle. *J Anim Sci*. 2015;93(3):1218-1228. doi: 10.2527/jas.2014-8412
9. Ravindran V, Jang HS. Feed enzyme technology: present status and future developments. *Recent Patents on Food, Nutrition & Agriculture*. 2011;3(2):102-109. doi: 10.2174/2212798411103020102
10. Schoonmaker J. Novel feed additives for beef cattle. 76th Minnesota Nutrition Conference. Prior Lake, MN. September 16-17; 2015:130-142.
11. Treacher R, McAllister TA, Popp JD, Mir Z, Mir P, Cheng KJ. Effect of exogenous cellulases and xylanases on feed utilization and growth performance of feedlot steers. *Can J Anim Sci*. 1997;77:541.

References

1. Agafonova EA, Sheida EV, Kwan OV. Enzyme use in cattle nutrition, implications for health and productivity (review). *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2023;106(1):132-143. doi: 10.33284/2658-3135-106-1-132
2. Sheida EV. Study of the effect of various additives on enzymatic processes in the rumen and the taxonomic composition of the microbiome. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2022;3(218):72-82. doi: 10.32417/1997-4868-2022-218-03-72-82
3. Ali AMM, Bavisetty SCB, Gullo M, Lertsiri S, Morris J, Massa S. Production of fibrinolytic enzymes during food production. *Current Developments in Biotechnology and Bioengineering: Technologies for Production of Nutraceuticals and Functional Food Products*. 2022;157-187. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-823506-5.00018-7>
4. Beauchemin KA, Rode LM, Sewalt VJH. Fibrolytic enzymes improve growth of steers fed forage-based diets. *Ann Zootech*. 1995;44(S1):69. doi: 10.1051/animres:19950539
5. Bissi L, Zervoudakis JT, de Paula NF, Silva CL, Tedeschi L, Silva PIJLR, Melo ACB, Possamai AJ. Exogenous enzyme on in vitro gas production and ruminal fermentation of diet containing high level of concentrate. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*. 2018;19(3):287-300. doi: 10.1590/s1519-99402018000300006
6. Feng P, Hunt CW, Julien WE, Dickinson K, Moen T. Effect of enzyme additives on in situ and in vitro degradation of mature cool-season grass forage. *J Anim Sci*. 1992;70(S1):309.
7. Hazare C, Bhagwat P, Singh S, Pillai S. Diverse origins of fibrinolytic enzymes: A comprehensive review. *Heliyon*. 2024;10(5):e26668. doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e26668
8. He ZX, Walker ND, McAllister TA, Yang WZ. Effect of wheat dried distillers grains with solubles and fibrolytic enzymes on ruminal fermentation, digestibility, growth performance, and feeding behavior of beef cattle. *J Anim Sci*. 2015;93(3):1218-1228. doi: 10.2527/jas.2014-8412

9. Ravindran V, Jang HS. Feed enzyme technology: present status and future developments. Recent Patents on Food, Nutrition & Agriculture. 2011;3(2):102-109. doi: 10.2174/2212798411103020102
10. Schoonmaker J. Novel feed additives for beef cattle. 76th Minnesota Nutrition Conference. Prior Lake, MN. September 16-17; 2015:130-142.
11. Treacher R, McAllister TA, Popp JD, Mir Z, Mir P, Cheng KJ. Effect of exogenous cellulases and xylanases on feed utilization and growth performance of feedlot steers. Can J Anim Sci. 1997;77:541.

Информация об авторах:

Юрий Андреевич Сечнев, аспирант отдела кормления сельскохозяйственных животных и технологии кормов им. С.Г. Леушина, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29, тел.: 89112151912.

Елена Владимировна Шейда, доктор биологических наук, научный сотрудник лаборатории биологических испытаний и экспертиз, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29, тел.: 8-922-862-64-02.

Ольга Вилориевна Кван, кандидат биологических наук, и.о. заведующего отделом кормления сельскохозяйственных животных и технологии кормов им. С.Г. Леушина, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29, тел.: 89225485657.

Ярослав Алексеевич Сизенцов, аспирант, младший научный сотрудник отдела кормления сельскохозяйственных животных и технологии кормов им. С.Г. Леушина, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29, тел.: 89538391917.

Information about the authors:

Yuri A Sechnev, postgraduate student of the Department of feeding of agricultural animals and feed Technology named after S.G. Leushin, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29 9 Yanvarya St., Orenburg, 460000, tel.: 89112151912.

Elena V Sheida, Dr. Sci. (Biology), Researcher at the Laboratory of Biological Tests and Examinations, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29 9 Yanvarya St., Orenburg, 460000, tel.: 8-922-862-64-02.

Olga V Kvan, Cand. Sci. (Biology), Acting Head of the Department of Animal Feeding and Feed Technology named after S.G. Leushin, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29 9 Yanvarya St., Orenburg, 460000, phone: 89225485657.

Yaroslav A Sizentsov, post-graduate student, Junior Research Associate of the Department of Animal Feeding and Feed Technology named after S.G. Leushin, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29 9 Yanvarya St., Orenburg, 460000, tel.: 89538391917.

Статья поступила в редакцию 30.05.2024; одобрена после рецензирования 04.06.2024; принята к публикации 10.06.2024.

The article was submitted 30.05.2024; approved after reviewing 04.06.2024; accepted for publication 10.06.2024.

Животноводство и кормопроизводство. 2024. Т. 107, № 2. С. 179-187.
Animal Husbandry and Fodder Production. 2024. Vol. 107, no 2. P. 179-187.

ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВО

Научная статья
УДК 631.445.4:631.51
doi:10.33284/2658-3135-107-2-179

Изменение плотности чернозёма южного под влиянием приёмов и систем обработки почвы
**Фарит Галиуллович Бакиров¹, Нуржан Десенгалеевич Берлишев², Игорь Владимирович Васильев³,
Татьяна Николаевна Васильева⁴**

^{1,2,3}Оренбургский государственный аграрный университет, Оренбург, Россия

⁴Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, Оренбург, Россия

¹f.bakirov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1731-7875>

²nurikking@list.ru, <https://orcid.org/0009-0004-2770-6836>

³igor-vas2009@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8564-1995>

⁴vtn1972@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5469-3952>

Аннотация. Исследования проведены в стационарном опыте в период с 1991 по 2023 год на чернозёме южном Оренбургского Предуралья в Оренбургском ГАУ. Цель исследования – изучение динамики плотности почвы при длительном применении способов и систем обработки почвы, различающихся уровнем минимизации. Для настоящей работы из 16 изучаемых систем взяты 4 наиболее контрастные по интенсивности и глубине воздействия на почву: 1 – вспашка на 20-22 и 28-30 см (интенсивная); 2 – безотвальное рыхление на 20-22 и 28-30 см (разноглубинная безотвальная); 3 – мелкая на 12-14 см, обычная на 20-22 см и глубокая на 28-30 см плоскорезная обработка (минимальная), 4 – нулевая чередуется с мелкими и глубокими рыхлениями, при этом под зерновые культуры она проводилась два года подряд и всего 14 раз за 35 лет (почвосберегающая). Отвальная система обработки обеспечивает наиболее рыхлое сложение почвы. При разноглубинной безотвальной, минимальной и почвосберегающей системах объёмная масса почвы увеличивается соответственно на 0,10 г/см³, 0,11 г/см³ и 0,12 г/см³ в начале исследований и на 0,08 г/см³, 0,10 г/см³ и 0,09 г/см³ – в конце. Уменьшение глубины обработки почвы независимо от способа способствует образованию «плужной подошвы» в слое, лежащем ниже разрыхлённого рабочим органом орудия горизонта: при обычной вспашке и безотвальном рыхлении – в слое 20-22 см, при мелкой обработке – 10-20 см. При всех способах и системах обработки почвы плотность почвы остаётся в зоне оптимальных значений, за исключением варианта с мелкой обработкой, где в слое 10-20 см она выходит за верхний предел оптимума.

Ключевые слова: земледелие, почва, вспашка, нулевая обработка, плотность почвы, система обработки почвы, глубокое рыхление

Благодарности: работа выполнена в соответствии с планом НИР за 2020-2025 гг. ФГБОУ Оренбургский государственный аграрный университет (№ АААА-А17-117112340090).

Для цитирования: Изменение плотности чернозёма южного под влиянием приёмов и систем обработки почвы / Ф.Г. Бакиров, Н.Д. Берлишев, И.В. Васильев, Т.Н. Васильева // Животноводство и кормопроизводство. 2024. Т. 107, № 2. С. 179-187. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-107-2-179>

GEOPONICS AND CROP PRODUCTION

Original article

Changes in the density of southern black soil under the influence of soil cultivation techniques and systems

Farit G Bakirov¹, Nurzhan D Berlishev², Igor V Vasiliev³, Tatyana N Vasilyeva⁴

^{1,2,3}Orenburg State Agrarian University, Orenburg, Russia

⁴Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia

¹f.bakirov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1731-7875>

²nurikking@list.ru, <https://orcid.org/0009-0004-2770-6836>

³igor-vas2009@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8564-1995>

⁴vtn1972@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5469-3952>

Abstract. The research was conducted in stationary experiment in the period from 1991 to 2023 on southern black soil of the Orenburg Cis-Urals in the Orenburg State Agrarian University. The purpose of

the research was to study the dynamics of soil density during long-term use of soil cultivation methods and systems that differ in the level of minimization. For the present work, from 16 systems studied, the 4 most contrasting in terms of intensity and depth of impact on the soil were selected: 1 – plowing at 20-22 and 28-30 cm (intensive); 2 – non-mouldboard loosening at 20-22 and 28-30 cm (multi-depth, non-mouldboard); 3 – shallow at 12-14 cm, normal at 20-22 cm and deep at 28-30 cm flat-cutting (minimal), 4 – zero alternating with shallow and deep loosening, while for grain crops it was carried out for two years in a row and in total 14 times in 35 years (soil-saving). The moldboard cultivation system ensures the most loose soil composition. With multi-depth, non-moldboard, minimal and soil-saving systems, the volumetric mass of the soil increases by 0.10 g/cm³, 0.11 g/cm³ and 0.12 g/cm³, respectively, at the beginning of research and by 0.08 g/cm³, 0.10 g/cm³ and 0.09 g/cm³ at the end. Reducing the depth of tillage, regardless of the method, contributes to the formation of a “plow sole” in the layer lying below the horizon loosened by the working part of the tool: with conventional plowing and moldless loosening in a layer of 20-22 cm, with shallow tillage - 10-20 cm. With all methods and soil cultivation systems, the soil density remains in the zone of optimal values, with the exception of the option with shallow tillage, where in a layer of 10-20 cm it goes beyond the upper limit of the optimum.

Keywords: agriculture, soil, plowing, zero tillage, soil density, tillage system, deep loosening

Acknowledgments: the work was performed in accordance to the plan of research works for 2020-2025 years FSBEI Orenburg State Agrarian University (No. AAAA-A17-117112340090).

For citation: Bakirov FG, Berlishev ND, Vasiliev IV, Vasilyeva TN. Changes in the density of southern black soil under the influence of soil cultivation techniques and systems. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2024; 107(2):179-187. (In Russ.). <https://doi.org/10.33284/2658-3135-107-2-179>

Введение.

Обработка почвы оказывает значительное влияние на условия выращивания и урожайность сельскохозяйственных культур и проводится главным образом для оптимизации её физических свойств. Ухудшение качества почвы коррелируется со снижением в ней содержания гумуса, поэтому оно занимает основное место среди оценочных показателей плодородия почвы. Однако уловить изменения содержания гумуса за небольшой промежуток времени очень сложно и мало достоверно. Не менее информативным показателем изменения агрофизического состояния почвы является её плотность, которая динамична, меняется за короткий период. После обработки почва наиболее рыхлая, затем постепенно уплотняется. Обработка почвы призвана регулировать её плотность под культуру.

Большинство исследований рассматривают изменение плотности пахотного слоя под влиянием приёмов обработки и чаще приходят к выводу о преимуществе вспашки перед другими способами и приёмами обработки почвы в оптимизации её плотности (Скороходов В.Ю. и др., 2022; Дубовик Д.В. и др. 2022; Линков С.А. и др., 2023; Лукьянов В.А. и Прущик И.А., 2022; Krzysztof Orzech et al., 2021). Между тем в опытах Blanco-Canqui Н с соавторами (2022) плотность почвы была практически одинаковой на вспашке и нулевой обработке. Одинаковую, не превышающую оптимальные параметры плотность обеспечили отвальная вспашка на глубину 20-22, плоскорезное рыхление на 20-22 см, поверхностная обработка на 8-10 см и без обработки в опытах Дубовик Д.В. с коллегами (2024). Аналогичные результаты на чернозёме выщелоченном тяжелосуглинистом получены в условиях Краснодарского края (Мнатсаканян А.А. и др., 2022) и чернозёме типичном тяжелосуглинистом в Белгородской области (Клостер Н.И. и др., 2023).

Имеются работы, оценивающие влияние систем обработки на динамику плотности почвы в результате длительного их применения. В исследованиях Пакуль А.Л. с соавторами (2019) комбинированная глубокая, комбинированная минимальная и нулевая системы обработки почвы привели к незначительному увеличению плотности почвы, по сравнению с отвальной, но связано это не с длительным применением систем, а влиянием приёмов обработки почвы. К аналогичному выводу приходят многие авторы (Blanco-Canqui Н et al., 2022). В других опытах (Поляков Д.Г., 2021; Тора D et al., 2021) при длительном применении прямого посева происходило разуплотнение почвы. Однако в опыте Перфильева Н.В. и Вьюшина О.А. (2023) с традиционной, консервирующей и нулевой системами обработки почвы плотность была практически одинаковой. И наоборот, в опытах Семенцова А.В. с коллегами (2016) при длительном применении различных систем обработки

почвы на 9-й год произошло увеличение плотности пахотного слоя почвы, но в большей степени на безотвальной и мелкой системах.

Таким образом, обзор доступных источников показывает наличие противоречий в выводах. Нет единого мнения не только по отвальной системе обработки, но и по ресурсосберегающим системам, особенно при длительном их применении. Неоднозначность итогов исследований указывает на то, что в различных почвенно-климатических зонах влияние факторов, обусловленных разными способами и системами обработки почвы, определяющих изменение плотности почвы, неодинаковы. Поэтому полевые эксперименты, особенно долгосрочные, направленные на решение проблемы уплотнения почвы в конкретных зонах, остаются актуальными.

Это исследование отличается от предыдущих тем, что оно оценивает изменения плотности почвы в пахотном горизонте и в отдельных её слоях в результате влияния различных способов и широкого спектра систем обработки чернозёма южного.

Цель исследования.

Изучить изменения плотности чернозёма южного при длительном применении систем обработки почвы, различающихся уровнем минимизации. Для достижения поставленной цели решались следующие **задачи**: - установить влияние способов обработки почвы на её плотность; - выявить динамику плотности пахотного горизонта почвы и отдельных её слоёв под влиянием систем обработки почвы.

Материалы и методы исследования.

Объект исследования. Почва – чернозём южный карбонатный малогумусный тяжелосуглинистый.

Характеристика территорий и природно-климатические условия. Участок исследования находится в зоне с семиаридным (полуаридным) климатом умеренных широт (BSk) Оренбургского Предуралья (Оренбургская область, Россия) с координатами 51°78'72"N-55°28'80"E. Среднемесячная температура воздуха колеблется от -24,3 до -27,4 °C в январе, от +19,9 до +22,4 °C – в июле, а средняя годовая температура составляет +5,3 °C. Среднегодовое количество осадков – 350-450 мм. Почва – чернозём южный карбонатный малогумусный тяжелосуглинистый на краснобурых карбонатных суглинках. В слое 0-30 см почвы содержится: гумуса – 4,1 %, легкогидролизуемого азота (N) – 8,4 мг, подвижного фосфора (P₂O₅) – 3,25 мг, обменного калия (K₂O) – 27 мг и обменного кальция (CaO) – 39,0 мг на 100 г почвы. Высокая карбонатность обуславливает щелочную реакцию почвы pH 7,6-8,0.

Схема эксперимента. Материалом для исследований послужили данные полевого стационарного опыта, заложенного в 1988 г. на учебно-опытном поле Оренбургского ГАУ. В опыте изучается 16 различных по уровню минимизации систем обработки почвы. Для настоящей работы взяты 4 наиболее контрастные по интенсивности и глубине воздействия на почву: 1) чередование обычной вспашки на глубину 20-22 см с глубокой на 28-30 см (интенсивная); 2) чередование обычного безотвального рыхления на 20-22 см с глубоким на 28-30 см (разноглубинная безотвальная); 3) чередование безотвальных мелких обработок на 12-14 см с глубокими (минимальная), 4) чередование нулевой обработки с мелкими и глубокими рыхлениями (почвосберегающая), при этом под зерновые нулевая проводилась два года подряд и всего 14 раз за 35 лет.

Оборудование и технические средства. Плотность почвы определяли распространённым методом – отбором известного объёма с помощью металлического кольца, вдавливаемого в почву, и определения её массы после высушивания (Вадюнина А.Ф. и Корчагина З.А., 1986). Отбор проб проводился вне следа колёс посевной и уборочной техники. Все измерения на каждом варианте проводили в четырёхкратной повторности в посев яровых ранних культур.

Результаты исследования.

Из всех изучаемых приёмов наиболее рыхлое сложение пахотного слоя обеспечивает вспашка на 28-30 см (рис. 1). На этом варианте плотность почвы варьирует в пределах 1,06 до 1,12 г/см³. По мере уменьшения глубины и интенсивности обработки плотность почвы увеличивается, достигая наибольших значений на нулевой обработке почвы, а иногда на мелком рыхлении.

На этих вариантах плотность выше на 0,10...0,15 г/см³, чем на вспашке. Но даже достигая значений 1,21...1,22 г/см³, она остаётся в диапазоне оптимальных значений для основных культур. Большинство исследователей в этой области за верхний предел оптимума плотности пахотного слоя принято значение в 1,30 г/см³. При этом на графике видно, что это оказывает разное влияние на состояние почвы весной в вариантах опыта. Например, при третьем определении на нулевой обработке отмечено увеличение объёмной массы пахотного слоя, а на глубокой вспашке – уменьшение по отношению к предыдущему определению.

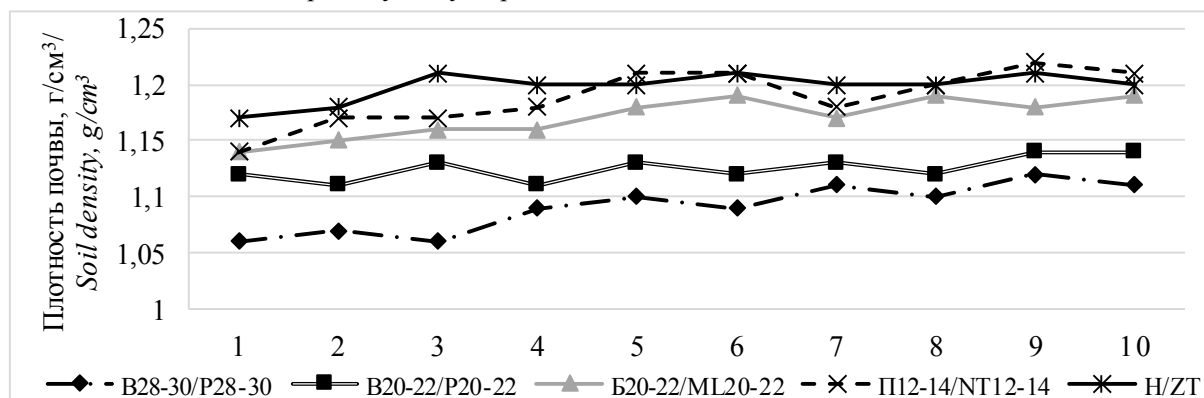


Рисунок 1. Плотность пахотного слоя почвы при различных способах обработки почвы весной (B28-30 – вспашка на 28-30 см (контроль); B20-22 – вспашка на 20-22 см; B20-22 – безотвальное рыхление на 20-22 см; П12-14 – мелкое рыхление на 12-14 см; Н – нулевая обработка. 1, 2, 3...10 – годы определения плотности почвы

Figure 1. The density of the arable soil layer under various methods of tillage in spring (P28-30 – plowing at 28-30 cm (control); P20-22 – plowing at 20-22 cm; ML20-22 – moldboard loosening at 20-22 cm; NT12-14 – fine loosening by 12-14 cm; ZT – zero tillage 1, 2, 3...10 – years of soil density determination

Иногда по-разному реагирует почва даже на вспашку различной глубины. Так, при втором и четвёртом определениях плотность пахотного слоя на варианте со вспашкой на 20-22 см уменьшилась, а на контрольном с глубокой обработкой увеличилась. Необходимо отметить, что для объективного сравнения степени влияния приёмов на плотность, она в вариантах с минимизацией определялась в годы, когда проводилась глубокая вспашка. Способы обработки существенно изменяют плотность отдельных слоёв пахотного горизонта (табл. 1).

Таблица 1. Влияние способов обработки почвы на плотность пахотного горизонта и отдельных его слоёв, г/см³

Table 1. The influence of soil cultivation methods on the density of the arable horizon and its individual layers, g/cm³

Слой почвы, см / Soil layers, cm	Вспашка 28-30 см / Plowing 28-30 cm		Вспашка 20-22 см / Plowing 20-22 cm		Безотвальное рыхление 20-22 см / Non-mouldboard loosening 20-22 cm		Мелкое рыхление 12-14 см / Fine loosening by 12-14 cm		Нулевая / Zero tillage	
	1991-1993 гг.	2021-2023 гг.	1991-1993 гг.	2021-2023 гг.	1991-1993 гг.	2021-2023 гг.	1991-1993 гг.	2021-2023 гг.	1991-1993 гг.	2021-2023 гг.
0-10	1,02	1,10	1,07	1,12	1,06	1,11	1,05	1,09	1,08	1,11
10-20	1,04	1,11	1,12	1,15	1,16	1,22	1,21	1,31	1,22	1,27
20-30	1,13	1,12	1,22	1,26	1,23	1,28	1,24	1,27	1,25	1,24

Верхний слой почвы на начало опыта (1991-1993 гг.) остаётся рыхлым при всех способах обработки. Плотность варьирует в диапазоне от 1,02 г/см³ на глубокой вспашке до 1,08 г/см³ – на нулевой обработке.

Очевидно уплотняющее действие рабочих органов почвообрабатывающих орудий на лежащие ниже глубины обработки слои почвы. Так, заметно уплотнён слой 20-30 см на обычной вспашке и безотвальном рыхлении, а на варианте с мелкой обработкой – слой 10-20 см. Превышение значений плотности этих слоёв на указанных вариантах составляет соответственно 0,09 г/см³, 0,10 г/см³ и 0,17 г/см³ по отношению к аналогичному слою в контроле.

Графическое изображение данных показывает, что длительное применение различных систем обработки существенно влияет на плотность 0-30 см слоя почвы (рис. 2).

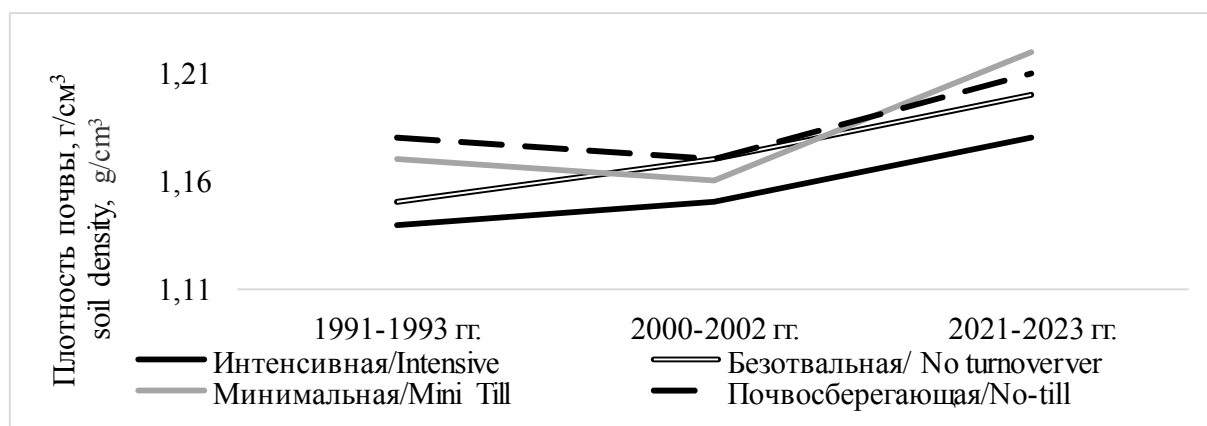


Рисунок 2. Изменение плотности пахотного слоя почвы под влиянием различных систем обработки почвы

Figure 2. Change in the density of the arable soil layer under the influence of various tillage systems

В 2021-2023 гг. плотность почвы на всех вариантах меняется по слоям почвенного горизонта с аналогичной закономерностью, с той лишь разницей, что значения объёмной массы значительно выше, чем в начале опыта. Причём на варианте с мелким рыхлением плотность почвы за период от 1991-1993 гг. по 2021-2023 гг. в отдельных слоях на всех вариантах увеличилась на 0,03...0,06 г/см³. Таким образом, минимизация обработки почвы в сравнении со вспашкой приводит к уплотнению пахотного слоя.

Обсуждение полученных результатов.

Наблюдения за физическим состоянием пахотного слоя почвы дали возможность оценить действие обработки на плотность чернозёма южного в двух разных направлениях: влияние способа (приёма) и систем обработки почвы при длительном их применении. Традиционные способ и система обработки дают несомненные преимущества перед ресурсосберегающими в обеспечении более рыхлого сложения пахотного слоя почвы, что согласуется с выводами других авторов (Дубовик Д.В. и др., 2024; Krzysztof O et al., 2021). Это было подтверждено на другом стационарном опыте в тех же условиях учёными Оренбургского ГАУ (Bakirov F et al., 2021). Плужная подошва может стать препятствием для роста корней растений в глубь даже при её относительно низкой и находящейся в пределах оптимальных значений плотности. Поскольку преградой для углубления корней является не столько высокая плотность, сколько резкий перепад её значений между слоями, вызванный обработкой (Бакиров Ф.Г. и др., 2023).

Наблюдаемые колебания плотности в вариантах по годам свидетельствуют о влиянии условий увлажнения почвы осенью до и после её обработки. В первом случае хорошее увлажнение от-

ражается на качестве обработки (Панасюк А.Н. и Липкань А.В., 2020), во втором – на саморазрыхлении пахотного слоя почвы.

Уменьшение значений объёмной массы пахотного слоя почвы к 2000-2002 гг. относительно 1991-1993 гг., вероятно, связано с тем, что при закладке опыта фоном было внесено 50 т/га навоза. Это способствовало повышению содержания гумуса в почве и, как следствие, снижению плотности. Подтверждением является то, что просматривается закономерность: чем больше содержится гумуса в почве, тем ниже плотность. Например, к моменту окончания наблюдений (2021-2023 гг.) содержание гумуса в почве на всех вариантах снижается, а объёмная масса увеличивается. Из доступных исследований известно, что при увеличении количества гумуса на 0,1 % плотность почвы снижается на 0,01 %.

Заключение.

При длительном применении различных способов и систем обработки почвы, различающихся уровнем минимизации, происходит существенное изменение плотности чернозёма южного. Отвальная система обработки обеспечивает рыхлое сложение почвы. При разноглубинной безотвальной, минимальной и почвосберегающей системах объёмная масса почвы увеличивается на 0,10...0,12 г/см³ в начале исследований и на 0,08...0,09 г/см³ – в конце. Уменьшение глубины обработки почвы независимо от способа способствует образованию «плужной подошвы» в слое, лежащем ниже разрыхлённого рабочим органом орудия горизонта: при обычной вспашке и безотвальном рыхлении в слое 20-22 см, при мелкой обработке – 10-20 см. При всех способах и системах обработки почвы плотность почвы остаётся в зоне оптимальных значений, за исключением варианта с мелкой обработкой, где в слое 10-20 см она выходит за верхний предел оптимума.

Список источников

1. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Агропромиздат, 1986. 416 с. [Vadjunina AF, Korchagina ZA. Metody issledovaniya fizicheskikh svoystv pochv. 3-e izd., pererab. i dop. Moscow: Agropromizdat; 1986:416 p. (*In Russ.*)].
2. Влияние глубины и способа обработки почвы на ослабление засухи в Оренбургской области / В.Ю. Скороходов, Н.А. Максютков, А.А. Зоров, Д.В. Митрофанов, Ю.В. Кафтан, Н.А. Зенкова // Плодородие. 2022. № 2(125). С. 29-33. [Skorokhodov VYu, Maksyutov NA, Zorov AA, Mitrofanov DV, Kaftan YuV, Zenkova NA. The role of the depth and method of winter tillage in reducing drought in the Orenburg region. Plodorodie. 2022;2(125):29-33. (*In Russ.*)]. doi: 10.25680/S19948603.2022.125.08
3. Влияние различных систем обработки почвы на агрофизические свойства чернозема выщелоченного / А.Л. Пакуль, Н.А. Лапшинов, Г.В. Божанова, В.Н. Пакуль // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2019. Т. 49. № 3. С. 16-23. [Pakul AL, Lapshinov NA, Bozhanova GV, Pakul VN. Influence of various systems of soil tillage on agrophysical properties of leached chernozem. Siberian Herald of Agricultural Science. 2019;49(3):16-23. (*In Russ.*)]. doi: 10.26898/0370-8799-2019-3-2
4. Влияние способов основной обработки на агрофизические свойства почвы, урожайность и качество сои / Д.В. Дубовик, Е.В. Дубовик, А.Н. Морозов, А.В. Шумаков // Земледелие. 2022. № 2. С. 43-48. [Dubovik DV, Dubovik EV, Morozov AN, Shumakov AV. Influence of tillage methods on soil agrophysical properties, soybean yield and quality. Zemledelie. 2022;2:43-48. (*In Russ.*)]. doi: 10.24412/0044-3913-2022-2-43-46
5. Влияние способов основной обработки почвы на агрофизическое состояние чернозема типичного и продуктивность гороха / Д.В. Дубовик, Е.В. Дубовик, А.Н. Морозов, А.В. Шумаков // Земледелие. 2024. № 1. С. 28-33. [Dubovik DV, Dubovik EV, Morozov AN, Shumakov AV. The influence of basic tillage methods on the agrophysical state of typical chernozem and pea productivity. Zemledelie. 2024;1:28-33. (*In Russ.*)]. doi: 10.24412/0044-3913-2024-1-28-33
6. Лукьянов В.А., Прущик И.А. Плотность и твёрдость чернозёма типичного на фоне разных агротехнологий и способов обработки почв // Пермский аграрный вестник. 2022. № 4(40).

С. 29-37. [Lukyanov VA, Prushchik IA. Density and hardness of typical chernozem on the background of different agrotechnologies and methods of tillage. Perm Agrarian Journal. 2022;4(40):29-37. (*In Russ.*)]. doi: 10.47737/2307-2873_2022_40_29

7. Мнатсакянян А.А., Чуварлеева Г.В., Быков О.Б. Показатели плодородия чернозема выщелоченного в зависимости от систем основной обработки почвы // Земледелие. 2022. № 5. С. 15-19. [Mnatsakanyan AA, Chuvarleeva GV, Bykov OB. Indicators of leached chernozem soil fertility depending on the basic tillage systems. Zemledelie. 2022;5:15-19. (*In Russ.*)]. doi: 10.24412/0044-3913-2022-5-15-19

8. Оценка состояния водно-физических свойств на участках с различными системами обработки почвы / С.А. Линков, А.В. Ширяев, А.В. Акинчин, Л.Н. Кузнецова, Т.С. Морозова // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2023. № 4(40). С. 117-124. [Linkov SA, Shiryayev AV, Akinchin AV, Kuznetsova LN, Morozova TS. Assessment of the state of water-physical properties in areas with different soil tillage systems. Innovations in Agricultural Complex: Problems and Perspectives. 2023;4(40):117-124. (*In Russ.*)].

9. Панасюк А.Н., Липкань А.В. Расчет экологических порогов нормального давления колесных движителей машин на полевых работах на глинистых почвах // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2020. Т. 14. № 4. С. 43-48. [Panasyuk AN, Lipkan AV. Calculation of the ecological thresholds of normal pressure of machine propulsion drive in working on clay soils. Agricultural Machinery and Technologies. 2020;14(4):43-48. (*In Russ.*)]. doi: 10.22314/2073-7599-2020-14-4-43-48

10. Перфильев Н.В., Вьюшина О.А. Влияние систем обработки на агрофизические параметры темносерой лесной почвы в Северном Зауралье // Земледелие. 2023. № 1. С. 27-31. [Perfilyev NV, Vyushina OA. Influence of tillage systems on agrophysical parameters of dark gray forest soil in the Northern Trans-Urals. Zemledelie. 2023;1:27-31. (*In Russ.*)]. doi: 10.24412/0044-3913-2023-1-27-31

11. Поляков Д.Г. Обработка почвы и прямой посев: агрофизические свойства черноземов и урожайность полевых культур // Земледелие. 2021. № 2. С. 37-43. [Polyakov DG. Tillage and direct sowing: agrophysical properties of chernozems and the yield of field crops. Zemledelie. 2021;2:37-43. (*In Russ.*)]. doi: 10.24411/0044-3913-2021-10208

12. Профильное размещение корней – основа для обработки почвы и повышения эффективности ресурсов влаги / Ф.Г. Бакиров, Г.В. Петрова, В.Б. Шукин, И.В. Васильев, А.П. Долматов, В.В. Диденко // Плодородие. 2023. № 6(135). С. 50-54. [Bakirov FG, Petrova GV, Shchukin VB, Vasiliev IV, Dolmatov AP, Didenko VV. Profile placement of roots is the basis for tillage and increasing the efficiency of moisture resources. Plodorodie. 2023;6(135):50-54. (*In Russ.*)]. doi: 10.25680/S19948603.2023.135.13

13. Семенцов А.В., Пичугин А.М., Шевченко И.М. Влияние длительного применения различных систем удобрения и обработки почвы в севообороте на урожайность озимой пшеницы по занятому пару // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. 2016. № 7(170). С. 41-51. [Sementsov AV, Pichugin AM, Shevchenko IM. Influence of prolonged use of various systems of fertilizer and processing of the soil on productivity of winter wheat on busy steam. Transactions of Taurida Agricultural Science. 2016;7(170):41-50. (*In Russ.*)].

14. Трансформация агрофизических свойств чернозёма под влиянием элементов агротехнологии / Н.И. Клостер, В.В. Лоткова, В.Б. Азаров, В.В. Горбунов, А.В. Азаров // Агропромышленные технологии Центральной России. 2023. № 1(27). С. 97-106. [Kloster N, Lotkova V, Azarov V, Gorbunov V, Azarov A. Transformation of agrophysical properties of chernozem under the influence of elements of agrotechnology. Agro-industrial Technologies of Central Russia. 2023;1 (27):97-106. (*In Russ.*)]. doi: 10.24888/2541-7835-2023-27-97-106

15. Bakirov F, Shakhov V, Dolmatov A, Vasiliev I, Deryabin S, Kuramshin M. Effect of long-term treatment on density of calcic chernozem (aric) and crop yield in crop rotation. Proceedings of the 20th International Scientific Conference engineering for rural development, ERD 2021, Virtual, 26-28 May, Jelgava. LV, Jelgava: University of Life Sciences and Technologies. 2021;20:884-890. doi: 10.22616/ERDev.2021.20.TF200

16. Blanco-Canqui H, Hassim R, Shapiro C, Jasa P, Klopp H. How does no-till affect soil-profile compactibility in the long term? Geoderma. 2022;425(1):116016. doi: 10.1016/j.geoderma.2022.116016

17. Krzysztof Orzech, Maria Wanic, Dariusz Załuski. The effects of soil compaction and different tillage systems on the bulk density and moisture content of soil and the yields of winter oilseed rape and cereals. *Agriculture*. 2021;11(7):666. doi: 10.3390/agriculture11070666
18. Topa D, Gabriela Cara I, Jităreanu G. Long term impact of different tillage systems on carbon pools and stocks, soil bulk density, aggregation and nutrients: A field meta-analysis. *Catena*. 2021;199:105102. doi: 10.1016/j.catena.2020.105102

References

1. Vadjunina AF, Korchagina ZA. Methods of investigation of physical properties of soils. 3rd edition, rev. and supplement. Moscow: Agropromizdat; 1986:416 p.
2. Skorokhodov VYu, Maksyutov NA, Zorov AA, Mitrofanov DV, Kaftan YuV, Zenkova NA. The role of the depth and method of winter tillage in reducing drought in the Orenburg region. *Plodородie*. 2022;2(125):29-33. doi: 10.25680/S19948603.2022.125.08
3. Pakul AL, Lapshinov NA, Bozhanova GV, Pakul VN. Influence of various systems of soil tillage on agrophysical properties of leached chernozem. *Siberian Herald of Agricultural Science*. 2019;49(3):16-23. doi: 10.26898/0370-8799-2019-3-2
4. Dubovik DV, Dubovik EV, Morozov AN, Shumakov AV. Influence of tillage methods on soil agrophysical properties, soybean yield and quality. *Land Cultivation*. 2022;2:43-48. doi: 10.24412/0044-3913-2022-2-43-46
5. Dubovik DV, Dubovik EV, Morozov AN, Shumakov AV. The influence of basic tillage methods on the agrophysical state of typical chernozem and pea productivity. *Land Cultivation*. 2024;1:28-33. doi: 10.24412/0044-3913-2024-1-28-33
6. Lukyanov VA, Prushchik IA. Density and hardness of typical chernozem on the background of different agrotechnologies and methods of tillage. *Perm Agrarian Journal*. 2022;4(40):29-37. doi: 10.47737/2307-2873_2022_40_29
7. Mnatsakanyan AA, Chuvarleeva GV, Bykov OB. Indicators of leached chernozem soil fertility depending on the basic tillage systems. *Land Cultivation*. 2022;5:15-19. doi: 10.24412/0044-3913-2022-5-15-19
8. Linkov SA, Shiryaev AV, Akinchin AV, Kuznetsova LN, Morozova TS. Assessment of the state of water-physical properties in areas with different soil tillage systems. *Innovations in Agricultural Complex: Problems and Perspectives*. 2023;4(40):117-124.
9. Panasyuk AN, Lipkan AV. Calculation of the ecological thresholds of normal pressure of machine propulsion drive in working on clay soils. *Agricultural Machinery and Technologies*. 2020;14(4):43-48. doi: 10.22314/2073-7599-2020-14-4-43-48
10. Perfiliev NV, Vyushina OA. Influence of tillage systems on agrophysical parameters of dark gray forest soil in the Northern Trans-Urals. *Land Cultivation*. 2023;1:27-31. doi: 10.24412/0044-3913-2023-1-27-31
11. Polyakov DG. Tillage and direct sowing: agrophysical properties of chernozems and the yield of field crops. *Land Cultivation*. 2021;2:37-43. doi: 10.24411/0044-3913-2021-10208
12. Bakirov FG, Petrova GV, Shchukin VB, Vasiliev IV, Dolmatov AP, Didenko VV. Profile placement of roots is the basis for tillage and increasing the efficiency of moisture resources. *Fruitfulness*. 2023;6(135):50-54. doi: 10.25680/S19948603.2023.135.13
13. Sementsov AV, Pichugin AM, Shevchenko IM. Influence of prolonged use of various systems of fertilizer and processing of the soil on productivity of winter wheat on busy steam. *Transactions of Taurida Agricultural Science*. 2016;7(170):41-50.
14. Kloster N, Lotkova V, Azarov V, Gorbunov V, Azarov A. Transformation of agrophysical properties of chernozem under the influence of elements of agrotechnology. *Agro-industrial Technologies of Central Russia*. 2023;1 (27):97-106. doi: 10.24888/2541-7835-2023-27-97-106
15. Bakirov F, Shakhov V, Dolmatov A, Vasiliev I, Deryabin S, Kuramshin M. Effect of long-term treatment on density of calcic chernozem (aric) and crop yield in crop rotation. *Proceedings of*

the 20th International Scientific Conference engineering for rural development, ERD 2021, Virtual, 26-28 May, Jelgava. LV, Jelgava: University of Life Sciences and Technologies. 2021;20:884-890. doi: 10.22616/ERDev.2021.20.TF200

16. Blanco-Canqui H, Hassim R, Shapiro C, Jasa P, Klopp H. How does no-till affect soil-profile compactibility in the long term? *Geoderma*. 2022;425(1):116016. doi: 10.1016/j.geoderma.2022.116016

17. Krzysztof Orzech, Maria Wanic, Dariusz Załuski. The effects of soil compaction and different tillage systems on the bulk density and moisture content of soil and the yields of winter oilseed rape and cereals. *Agriculture*. 2021;11(7):666. doi: 10.3390/agriculture11070666

18. Topa D, Gabriela Cara I, Jităreanu G. Long term impact of different tillage systems on carbon pools and stocks, soil bulk density, aggregation and nutrients: A field meta-analysis. *Catena*. 2021;199:105102. doi: 10.1016/j.catena.2020.105102

Информация об авторах:

Фарит Галиуллович Бакиров, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, профессор кафедры земледелия, биоэкологии и агрохимии, Оренбургский государственный аграрный университет, 460014, г. Оренбург, ул. Челюскинцев, д.18, тел.: +7(987)7804245.

Нуржан Десенгалеевич Берлишев, аспирант кафедры земледелия, биоэкологии и агрохимии, Оренбургский государственный аграрный университет, 460014, г. Оренбург, ул. Челюскинцев, д.18, тел.: +7(987)2025872.

Игорь Владимирович Васильев, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, декан факультета агротехнологий, землеустройства и пищевых производств, Оренбургский государственный аграрный университет, 460014, г. Оренбург, ул. Челюскинцев, д.18. тел.: +7(912)8453335.

Татьяна Николаевна Васильева, кандидат биологических наук, учёный секретарь структурного подразделения ОНИИСХ, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, Оренбургская область, г. Оренбург, ул. 9 Января д. 29. тел.: +7(3532)308341.

Information about the authors:

Farit G Bakirov, Dr. Sci. (Agriculture), Associate Professor, Professor of the Department of Agriculture, Bioecology and Agrochemistry, Orenburg State Agrarian University, 18 Chelyuskintsev St., Orenburg, 460014, tel.: +7(987)7804245.

Nurzhan D Berlishev, graduate student of the Department of Agriculture, Bioecology and Agrochemistry, Orenburg State Agrarian University, 18 Chelyuskintsev St., Orenburg, 460014, tel.: +7(987)2025872.

Igor V Vasiliev, Cand. Sci. (Agriculture), Associate Professor, Dean of the Faculty of Agricultural Technologies, Land Management and Food Production, Orenburg State Agrarian University, 18 Chelyuskintsev St., Orenburg, 460014, tel.: +7(912)8453335.

Tatyana N Vasilyeva, Cand. Sci. (Biology), Scientific Secretary of the structural unit of OSRIA, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29 9 Yanvarya St., Orenburg, 460000, tel.: +7(3532)308341.

Статья поступила в редакцию 21.05.2024; одобрена после рецензирования 03.06.2024; принята к публикации 10.06.2024.

The article was submitted 21.05.2024; approved after reviewing 03.06.2024; accepted for publication 10.06.2024.

Руководство и сотрудники Федерального научного центра биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, редколлегия журнала «Животноводство и кормопроизводство»

СЕРДЕЧНО ПОЗДРАВЛЯЮТ С ЮБИЛЕЕМ

доктора медицинских наук, профессора Светлану Викторовну Нотову

Светлана Викторовна Нотова



Родилась 24 мая 1964 года в посёлке Каменоломни Ростовской области.

В 1987 году после окончания Оренбургского государственного медицинского института начала свою трудовую деятельность с должности врача-окулиста. Светлана Викторовна окончила аспирантуру на кафедре офтальмологии Российской медицинской академии последиplomного образования (г. Москва), где и защитила кандидатскую диссертацию в 2000 году.

Тогда же С.В. Нотова начала работать в Оренбургском государственном университете (ОГУ) и в разные периоды занимала должности заведующей кафедрой профилактической медицины, декана медико-биологического факультета, профессора кафедры биохимии и микробиологии. С 2006 по 2008 год – проректор по учебной работе ОГУ.

С 2010 по 2020 год работала в Федеральном научном центре биологических систем и агротехнологий (ФНЦ БСТ РАН), в котором прошла путь от руководителя Учебного центра до первого заместителя директора.

С ноября 2020 года Светлана Викторовна – первый проректор Оренбургского государственного университета и по совместительству – профессор кафедры химии и микробиологии. Главный научный сотрудник лаборатории молекулярно-генетических исследований и металломики в животноводстве в ФНЦ БСТ РАН.

С.В. Нотова непрестанно повышает свой профессиональный уровень – кандидат, доктор медицинских наук, профессор.

Ею разработаны и читаются новые образовательные курсы для магистров и бакалавров, обучающихся на биологическом направлении подготовки. Она осуществляет руководство выпускными квалификационными работами по направлению подготовки «Биология» по квалификациям: бакалавриат (профиль «Биохимия») и магистратура (профиль «Биохимия и молекулярная биология»). Под руководством Светланы Викторовны в вузе проводятся перспективные научные исследования, реализуются грантовые проекты, она имеет 20-летний опыт работы в рамках изучения элементного гомеостаза и его влияния на адаптационные возможности, психофизиологические и метаболические показатели человека и животных.

Результаты исследований С.В. Нотовой опубликованы в более чем 360 научных работах в отечественных и зарубежных изданиях, в том числе 5 монографий и 10 учебных пособий, 16 патентов на изобретения и 3 свидетельства о регистрации программных средств,

Много внимания Светлана Викторовна уделяет подготовке научных кадров, под её руководством подготовлены и успешно защищены 2 докторские и 10 кандидатских диссертаций

С.В. Нотова является членом Федерации европейских обществ по изучению роли микроэлементов и минералов (FESTEM), Российского общества медицинской элементологии (РОСМЭМ), членом редакционного совета периодических рецензируемых изданий «Микроэлементы в медицине», «Журнал медико-биологических исследований», «Животноводство и кормопроизводство».

Научные достижения С.В. Нотовой отмечены многочисленными наградами: Почётная грамота Министерства образования и науки Российской Федерации, орден Русской православной церкви Святой равноапостольной княгини Ольги III степени, бронзовая медаль VII Московского международного салона инноваций и инвестиций, Благодарность Губернатора Оренбургской области, лауреат премии правительства Оренбургской области в сфере науки и техники, диплом правительства Оренбургской области «Женщины Оренбурга – 2007» в номинации «Женщина — открытие года». С.В. Нотовой присвоено звание «Почётный работник сферы образования Российской Федерации».

Условия публикации статей

В теоретическом и научно-практическом журнале «Животноводство и кормопроизводство» публикуются результаты научных исследований и их внедрения в сфере АПК.

Журнал входит в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание учёной степени кандидата наук, доктора наук (согласно обновлённому перечню 15.02.2023, официальный сайт ВАК URL: <https://vak.minobrnauki.gov.ru/documents#tab=tab:editions~>) по отраслям наук и группам специальностей: 4.1.1. Общее земледелие и растениеводство (сельскохозяйственные науки), 4.2.4. Частная зоотехния, кормление, технологии приготовления кормов и производства продукции животноводства (сельскохозяйственные и биологические науки), 4.2.5. Разведение, селекция, генетика и биотехнология животных (сельскохозяйственные и биологические науки).

Журнал «Животноводство и кормопроизводство» включён в систему Российского индекса цитирования (договор с РУНЭБ № 225-06/2018 от 04.06.2018 г.).

Периодичность выхода журнала «Животноводство и кормопроизводство» – 4 раза в год. Стоимость публикации одной статьи – 1000 рублей. Оплата подписки осуществляется через банки РФ.

Для стран СНГ – 1500 руб., оплата – через любые банки РФ в валюте РФ.

Плата с аспирантов за публикацию рукописей не взимается.

Электронные полнотекстовые версии журнала размещаются на сайте журнала <http://gk.fncbst.ru/> и РУНЭБ <http://www.elibrary.ru>.

При подготовке статей в журнал рекомендуем руководствоваться следующими правилами:

- Статья должна содержать результаты научных исследований, теоретические, практические (инновационные) разработки и соответствовать основным научным направлениям журнала. **Оформление статьи – по ГОСТ 7.0.7-2021.** Оригинальность статьи должна составлять не менее 80 %.

- Авторы должны делать ссылки на ORCID.

- Материалы представляются в электронном виде в редакторе Word. Объём статьи – не менее 6 страниц, с полями 2 см, шрифт Times New Roman, кегль – 14, интервал – одинарный. **В тексте должна быть печатана буква «ё».** При написании знаков %, °С, №, § между ними и цифрами ставится пробел (в соответствии с ГОСТ 8.412-2002).

- Статья должна быть структурирована: выделены полужирным шрифтом разделы «Введение», «Цель исследования», «Материалы и методы исследования», «Результаты исследования», «Обсуждение полученных результатов», «Заключение». «Материалы и методы исследования» должны включать по абзацам:

Объект исследования.

Характеристика территорий, природно-климатические условия (как правило, для земледелия и растениеводства).

Схема эксперимента.

Оборудование и технические средства.

Статистическая обработка.

- **На русском и английском языках:** заглавие статьи – прописными жирными буквами; затем через интервал – инициалы и фамилия авторов полностью; название учреждения, где работают авторы; через интервал размещаются: аннотация – не более 150-200 слов, ключевые слова – не более 10; через интервал – текст статьи на русском языке с таблицами и рисунками. Название и содержимое рисунков и таблиц приводятся полностью **на русском и английском языках.**

- К научной статье определяется её индекс по Универсальной десятичной классификации (УДК).

- Графический материал (диаграммы, рисунки и т. д.) должен быть представлен в форме, обеспечивающей ясность передачи всех деталей, контрастным, выполненным на компьютере и позволять дальнейшее редактирование в программах «Microsoft Word» или «Microsoft Excel». Графический материал публикуется только в чёрно-белом варианте, но авторами в электронном виде предоставляется в цветном. Название и содержимое рисунков приводятся полностью **на русском и английском языках.**

Литература размещается в конце статьи в виде общего списка, который должен содержать лишь те источники, на которые имеется ссылка в статье. Источники должны быть из изданий с высоким импакт-фактором. Источники не должны быть старше 5 лет с момента публикации. Не использовать в качестве источников учебники, учебные и справочные пособия, диссертации и авторефераты диссертаций.

Список источников должен включать не менее 15 наименований. Самоцитирование не должно превышать 20 % от общего числа источников. В списке литературы 90 % должны быть статьи с DOI.

Ссылка на источник в тексте ставится в круглых скобках с указанием фамилии, инициалов автора и года публикации (Иванов И.И., 2011). При упоминании нескольких публикаций одного автора за один год используется буквенный маркер (Иванов И.И., 2011а; 2011б; 2011в). При цитировании ссылки, имеющей двух авторов, указываются оба автора (Иванов И.И. и Петров В.В., 2011). При цитировании ссылки, имеющей более двух авторов, указываются фамилия и инициалы первого автора и ставится пометка «и др.» (Иванов И.М. и др., 2011; английский вариант: Ivanov IM et al., 2011).

Описание русскоязычных источников должно быть оформлено в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5-2008 (см. раздел «Затекстовая библиографическая ссылка»). Согласно стилю Ванкувер, принятому в журнале, после каждого описания русского источника должна быть его транслитерация.

Описание англоязычных источников следует составлять в формате Vancouver.

Список начинается с русскоязычной литературы в алфавитном порядке, его продолжает список англоязычной литературы с соблюдением алфавитного порядка. Дополнительно этот же список источников приводится на английском языке в References, нумерация записей должна совпадать с нумерацией в русскоязычном списке источников.

В конце статьи **на русском и английских языках** должны быть указаны сведения об авторах: имя, отчество, фамилия полностью, учёная степень, учёное звание, занимаемая должность и место работы с адресными данными, контактными телефонами и адресами электронной почты для обратной связи.

Пример оформления статьи:

<http://gk.fncbst.ru/archive.html>

Статья, поступившая в редакцию, проверяется через программу «Антиплагиат» и проходит через институт рецензирования в соответствии с Положением об институте рецензирования теоретического и научно-практического журнала «Животноводство и кормопроизводство». Отрицательная рецензия является основанием для отказа в публикации статьи.

Рукопись статьи, подготовленная к публикации, должна быть подписана лично автором. Автор несёт юридическую ответственность за содержание статьи, точность приводимых в рукописи цитат, статистических данных, фактов.

Статьи, оформление которых не соответствует изложенным выше требованиям, редколлегией не рассматриваются и возврату не подлежат.

Адрес редакции: 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29
ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН, тел. 8(3532)30-81-76
e-mail: ntiip_vniims@rambler.ru, сайт журнала:
<http://gk.fncbst.ru/>