

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 | № 3 | 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 № 3 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. 3 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);

С.А. Макаренко, д-р с.-х. наук, Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук (г. Екатеринбург, 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 60x84/8. Бумага типографская. Печать офсетная. Гарнитура Times New Roman.

Подписано в печать 09.09.2024 г. Дата выхода в свет 30.09.2024 г. Усл. печ. л. 22,44. Тираж 500 экз. Заказ № 19

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);

SA Makarenko, Dr. Sci. (Agriculture), Ural Federal Agrarian Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (Ekaterinburg, 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 press on 09.09.2024. Date of publication 30.09.2024. Conditional printed sheets 22.44 Circulation 500 samples. Order № 19

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

БИОЭЛЕМЕНТОЛОГИЯ В ЖИВОТНОВОДСТВЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВЕ

- Тарасова Е.И., Полякова В.С., Сизова Е.А.* **Связь полиморфизма гена *DGAT1* с элементарным составом биосубстратов и продуктивностью коров чёрно-пёстрой породы Ленинградской, Вологодской и Оренбургской областей** 8

РАЗВЕДЕНИЕ, СЕЛЕКЦИЯ, ГЕНЕТИКА

- Насамбаев Е.Г., Третьякова Р.Ф., Винс М.С., Амиришоев Ф.С.* **Оценка бычков на основе их собственной продуктивности как передовой подход к повышению производственных характеристик мясного скота** 25

- Дунин И.М., Герасимов А.А., Никитина С.В., Матвеева Е.А.* **Определение племенной ценности абердин-ангусского скота Российской Федерации по Методике Евразийского экономического союза** 36

- Лейбова В.Б., Позовникова М.В.* **Вариативность морфометрических параметров тела у коз зааненской породы разных месяцев рождения и их связь с продуктивными и репродуктивными показателями** 47

- Романенкова О.С.* **Использование генов домашнего хозяйства в качестве эталонов при оценке уровня экспрессии у кур (обзор)** 57

- Додохов В.В.* **Полиморфизм микросателлитных локусов ДНК у домашних северных оленей эвенской породы** 70

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА, КАЧЕСТВО ПРОДУКЦИИ И ЭКОНОМИКА
В ЖИВОТНОВОДСТВЕ

- Харламов А.В., Фролов А.Н., Ильин В.В.* **Влияние кормовых добавок, содержащих Zn и Se органической формы, на продуктивные и гематологические показатели бычков чёрно-пёстрой породы при заключительном откорме** 79

- Горшков В.В., Щетинина Е.В.* **Возможность увеличения объёмов получения промышленного молока за счёт изменения молочной продуктивности коров при внутрилинейном подборе** 89

- Явнов М.В., Фролов А.Н., Соболева Н.В.* **Влияние различных способов доращивания на интенсивность роста, убойные качества и экономическую эффективность выращивания бычков казахской белоголовой породы** 99

- Горшков В.В., Щетинина Е.М.* **Линейная принадлежность коров как базовый фактор формирования качества молока-сырья** 108

ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА КОРМЛЕНИЯ

- Залюбовская Е.Ю., Мансурова М.С.* **Эффективность применения кормовых добавок в кормлении сельскохозяйственной птицы (обзор)** 119

ФИЗИОЛОГИЯ ЖИВОТНЫХ

Шошин Д.Е., Ерофеев Н.Г., Сизова Е.А., Павлова М.Ю. **Стресс как лимитирующий фактор в животноводстве (обзор)** 138

Логвинова Т.И. **Изучение антибиотикорезистентности выделенных штаммов пропионовокислых бактерий** 163

Гулюкин А.М., Завьялова Е.А., Дрошнев А.Е. **Ветеринарное благополучие аквакультуры – важный механизм сохранности поголовья и увеличения продуктивности отрасли** 174

ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВО

Камалеев Р.Д., Новикова А.А. **Об эффективности оценки селекционного материала проса посевного на основе рекомбинационной способности** 183

Памяти Левахина Георгия Ивановича 192

CONTENTS

BIOELEMENTOLOGY IN ANIMAL HUSBANDRY AND CROP PRODUCTION

- Tarasova EI, Polyakova VS, Sizova EA. Association of DGAT1 gene polymorphism with the elemental composition of biosubstrates and productivity of black-and-white cows in the Leningrad, Vologda, and Orenburg Regions* 8

BREEDING, SELECTION, GENETICS

- Nasambayev EG, Tretiyakova RF, Vince MS, Amirshoev FS. Assessment of bulls according to their own performance as a best approach to improving the performance characteristics of beef cattle* 25
- Dunin IM, Gerasimov AA, Nikitina SV, Matveeva EA. Estimation of breeding values of Aberdeen-Angus cattle in the Russian Federation according to the methodology of the Eurasian Economic Union* 36
- Leibova VB, Pozovnikova MV. Variability of body morphometric parameters in Saanen goats of different birth months and their relationship with productive and reproductive indicators* 47
- Romanenkova OS. Using housekeeping genes as references in assessing expression levels in chickens (review)* 57
- Dodokhov VV. Microsatellite DNA polymorphism in Evenskaya reindeer* 70

PRODUCTION TECHNOLOGY, QUALITY AND ECONOMY IN ANIMAL HUSBANDRY

- Kharlamov AV, Frolov AN, Ilyin VV. The influence of feed additives containing organic Zn and Se on productive and hematological parameters of Black Spotted bulls on final fattening* 79
- Gorshkov VV, Shchetinina EV. Possible increase of volumes of industrial milk production due to changes in milk productivity of cows in the course of intra-line selection* 89
- Yavnov MV, Frolov AN, Soboleva NV. Influence of different rearing methods on growth rate, slaughter qualities and economic efficiency of growing Kazakh white-headed bulls* 99
- Gorshkov VV, Shchetinina EM. Line of cows as a basic factor in the formation of raw milk quality* 108

THEORY AND PRACTICE OF FEEDING

- Zalyubovskaya EY, Mansurova MS. Efficiency of using plant feed additives in feeding poultry (review)* 119

PHYSIOLOGY OF ANIMALS

Shoshin DE, Erofeev NG, Sizova EA, Pavlova MYu. **Stress as a limiting factor in animal husbandry (review)** 138

Logvinova TI. **Study of antibiotic resistance of isolated strains of propionic acid bacteria** 163

Gulukin AM, Zavyalova EA, Droshnev AE. **Veterinary welfare in aquaculture is an important mechanism for protecting fish and increasing the productivity of the industry** 174

GEOPONICS AND CROP PRODUCTION

Kamaleev RD, Novikova AA. **On the efficiency of evaluation of seed millet breeding material based on recombination ability** 183

In memory Levakhin Georgy Ivanovich 192

Животноводство и кормопроизводство. 2024. Т. 107, № 3. С. 8-24.

Animal Husbandry and Fodder Production. 2024. Vol. 107, no 3. P. 8-24.

БИОЭЛЕМЕНТОЛОГИЯ В ЖИВОТНОВОДСТВЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВЕ

Научная статья

УДК 636.082.11(470.23+470.12+470.56)

doi:10.33284/2658-3135-107-3-8

Связь полиморфизма гена *DGAT1* с элементным составом биосубстратов и продуктивностью коров чёрно-пёстрой породы Ленинградской, Вологодской и Оренбургской областей

Екатерина Ивановна Тарасова¹, Валентина Сергеевна Полякова², Елена Анатольевна Сизова³

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

¹ekaterina45828@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6325-7389>

²valyapolyakova2001@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0002-2739-0208>

³sizova.178@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5125-5981>

Аннотация. В последние годы повышенный интерес к генетическим механизмам, влияющим на формирование элементного состава молока и крови коров, приводит к необходимости более глубокого изучения этой темы. Цель данного исследования заключалась в оценке влияния полиморфизма K232A гена *DGAT1* на показатели элементного состава волос, сыворотки крови и молочной продуктивности коров чёрно-пёстрой породы трёх областей. Пробы были отобраны у молочных коров Ленинградской, Вологодской и Оренбургской областей. Элементный состав анализировался по 25 элементам (Al, As, B, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, I, K, Li, Mg, Mn, Na, Ni, P, Pb, Se, Si, Sn, Hg, Sr, V, Zn) методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой. Генотипирование осуществлялось методом высокопроизводительного секвенирования, реализуемого при помощи секвенатора MiSeq (*Illumina*, США). Результаты показали, что у коров Вологодской области с генотипом AA в волосах содержание марганца было на 31,10 %, а в Ленинградской области – на 55,82 % выше по сравнению с животными с генотипом KK; концентрации железа превышали показатели данной группы на 136,17 % и 178,43 % ($p=0,02$) соответственно. В сыворотке крови у животных Вологодской области с генотипом KK были зафиксированы наиболее высокие концентрации никеля, на 60,81 % превышающие уровень у животных с генотипом AA, в Ленинградской области – на 37,88 %. У коров с генотипом KK в Вологодской области были отмечены более высокие показатели удоя, превышающие показатели генотипа AA на 25,99 % ($p=0,03$); в Ленинградской области генотип AA показывал на 49,14 % лучшие результаты по сравнению с KK, а в Оренбургской области – на 18,63 % в сравнении с АК. Проведённое исследование подтверждает значимость полиморфизма K232A гена *DGAT1* для селекционных работ.

Ключевые слова: крупный рогатый скот, чёрно-пёстрая порода, диацилглицерин-О-ацилтрансфераза, K232A, элементный состав, молочная продуктивность

Благодарности: работа выполнена в соответствии с планом НИР за 2022-2024 гг. ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН (FNWZ-2022-0011).

Для цитирования: Тарасова Е.И., Полякова В.С., Сизова Е.А. Связь полиморфизма гена *DGAT1* с элементным составом биосубстратов и продуктивностью коров чёрно-пёстрой породы Ленинградской, Вологодской и Оренбургской областей // Животноводство и кормопроизводство. 2024. Т. 107, № 3. С. 8-24. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-107-3-8>

BIOELEMENTOLOGY IN ANIMAL HUSBANDRY AND CROP PRODUCTION

Original article

Association of *DGAT1* gene polymorphism with the elemental composition of biosubstrates and productivity of black-and-white cows in the Leningrad, Vologda, and Orenburg Regions**Ekaterina I Tarasova¹, Valentina S Polyakova², Elena A Sizova³**^{1,2,3}Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia¹ekaterina45828@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6325-7389>²valyapolyakova2001@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0002-2739-0208>³sizova.178@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5125-5981>

Abstract. In recent years, the increased interest in genetic mechanisms influencing the elemental composition of milk and blood in cows has led to the necessity for a deeper study of this topic. The aim of this research was to evaluate the impact of the K232A polymorphism of the *DGAT1* gene on the elemental composition of hair, blood serum, and milk productivity in Black-and-White cows from three regions. Samples were collected from dairy cows in the Leningrad, Vologda, and Orenburg regions. The elemental composition was analyzed for 25 elements (Al, As, B, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, I, K, Li, Mg, Mn, Na, Ni, P, Pb, Se, Si, Sn, Hg, Sr, V, Zn) using inductively coupled plasma mass spectrometry. Genotyping was performed using high-throughput sequencing facilitated by the MiSeq sequencer (*Illumina*, USA). The results showed that in cows with the AA genotype from the Vologda region, the manganese content in the hair was 31.10% higher, and in the Leningrad region - 55.82% higher than in animals with the KK genotype; the iron concentration exceeded the indicators of this group by 136.17% and 178.43% ($p=0.02$), respectively. In the blood serum of animals with the KK genotype from Vologda region, the highest concentrations of nickel were recorded, exceeding levels in animals with the AA genotype by 60.81%, and in Leningrad region by 37.88%. Cows with the KK genotype in Vologda region showed higher milk yield, exceeding that of the AA genotype by 25.99% ($p=0.03$); in Leningrad region, the AA genotype showed 49.14% better results compared to KK, and in Orenburg region by 18.63% compared to AK. The conducted research confirms the significance of the K232A polymorphism of the *DGAT1* gene for breeding work.

Key words: cattle, Black-and-White breed, diacylglycerol-O-acyltransferase, K232A, elemental composition, milk production

Acknowledgments: the work was performed in accordance to the plan of research works for 2022-2024 FSBRI FRC BST RAS (FNWZ-2022-0011).

For citation: Tarasova EI, Polyakova VS, Sizova EA. Association of *DGAT1* gene polymorphism with the elemental composition of biosubstrates and productivity of black-and-white cows in the Leningrad, Vologda, and Orenburg Regions. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2024;107(3):8-24. (In Russ.). <https://doi.org/10.33284/2658-3135-107-3-8>

Введение.

Эффективное разведение высокопродуктивных молочных коров является одной из ключевых задач для развития молочной промышленности и животноводства (Wang Z and She X, 2023). В этом контексте особое внимание уделяется диацилглицерол-ацилтрансферазам (DGAT), которые представляют собой важную группу ферментов, катализирующих биосинтез триацилглицерина (Liu J et al., 2020). *DGAT1*, микросомальный фермент, отвечающий за присоединение жирного ацил-КоА к 1,2-диацилглицерину, в результате чего образуются коэнзим А и триглицерид (Kęsek-Woźniak MM et al., 2020). Этот фермент играет значительную роль в физиологических процессах, связанных с обменом глицеролипидов и триацилглицерина, включая всасывание жиров в кишечнике, синтез липопротеинов, образование жировой ткани и лактацию (Тарасова Е.И. и Нотова С.В., 2020).

Ген *DGAT1* локализован в центромерной области 14-й хромосомы и состоит из 17 экзонов, общая длина которого составляет 14117 пар нуклеотидов (Mahmoudi P and Rashidi A, 2023). Поли-

морфизм K232A, связанный с заменой аминокислоты лизин на аланин, возникает в результате мутации, при которой динуклеотид AA заменяется на GC в восьмом экзоне *DGAT1*. Это наиболее изученный вариант в рамках ассоциативного анализа характеристик коровьего молока (Fink T et al., 2020). Исследования показали, что аллель K, представляющий «дикий тип», обладает более высокой скоростью реакции фермента, чем аллель A, что способствует повышению процентного содержания жира в молоке (Samuel B et al., 2023). Вариант лизина ассоциирован с более высоким уровнем жира и концентрацией белка в молоке, тогда как вариант аланина – с более высоким надоем (Elzaki S et al., 2022). Кроме того, полиморфизм 5'-конца гена также ассоциирован с процентным содержанием жира в молоке (Fink T et al., 2020).

Многочисленные исследования изучали влияние полиморфизма K232A на продуктивность и состав молока у различных пород крупного рогатого скота. Установлено, что степень влияния этого полиморфизма на концентрацию жира варьируется в зависимости от породы, что может быть следствием взаимодействий с генетическим фоном (Tumino S et al., 2021). Например, работы, проведённые ранее (Krovvidi S et al., 2021; Li Y et al., 2021; Gothwal A et al., 2023), показали различия в частотах аллелей мутации *DGAT1* K232A среди популяций голштинской породы. Valenti B с коллегами (2019) отметили более сбалансированное распределение аллелей у голштинского крупного рогатого скота по сравнению с породами с повышенной частотой аллеля GC, кодирующего аланин (91 %). Исследование полиморфизма *DGAT1* у румынских коров голштинской породы выявило связь между аллелем K и повышенными уровнями жира и жирных кислот (Elzaki S et al., 2022). У коров с генотипом AA наблюдается снижение уровня насыщенных жирных кислот и увеличение олеиновой кислоты (Singh A et al., 2023).

Кроме влияния на молочную продуктивность, полиморфизмы генов также могут оказывать значительное воздействие на минеральный обмен у животных. В период лактации коровы испытывают повышенные потребности в макро- и микроэлементах, что связано с интенсивным синтезом молока. Недостаток этих элементов может негативно сказаться на репродуктивной функции, общем состоянии здоровья и, в конечном итоге, на продуктивности (Vieira-Neto A et al., 2024). Например, кальций, фосфор и магний играют ключевую роль в формировании молока, а также в поддержании функций мышц и нервной системы, в то время как микроэлементы, такие как медь, цинк и селен, необходимы для различных метаболических процессов и поддержания иммунной системы.

Исследования показывают, что генетические факторы могут влиять на уровень и распределение этих элементов в организме животных. В частности, полиморфизм гена *DGAT1* может оказывать косвенное влияние на минеральный обмен путем изменения метаболизма жиров и синтеза молока, что, в свою очередь, может повлиять на потребность и усвоение макро- и микроэлементов (Faraj SH and Yheia A, 2020). В работе Kharlamov AV с соавторами (2021) было продемонстрировано, что определённые генотипы могут коррелировать с изменениями элементного статуса, так как гомозиготные генотипы накапливают различные токсичные и эссенциальные элементы в шерсти.

В связи с этим понимание того, как полиморфизм K232A гена *DGAT1* воздействует на содержание макро- и микроэлементов в организме коров, имеет значение для оптимизации таких факторов, как рацион и условия содержания, с целью повышения продуктивности и здоровья животных. Таким образом, настоящая работа направлена на исследование ассоциации полиморфизма *DGAT1* с элементным составом волоса и сыворотки крови, что может способствовать расширению нашего понимания о роли данного гена в метаболизме микроэлементов и их значении для здоровья и продуктивности животных.

Цель исследования.

Оценить влияние полиморфизма K232A гена *DGAT1* на показатели элементного состава волоса, сыворотки крови и молочную продуктивность коров чёрно-пёстрой породы Ленинградской, Вологодской и Оренбургской областей.

Материалы и методы исследований.

Объект исследования. Исследование проводилось на коровах чёрно-пёстрой породы (n=90) трёх хозяйств: СПК ПКЗ «Вологодский» (Вологодская область), АО ПЗ «Первомайский» (Ленинградская область), АФ «Промышленный» (Оренбургская область). Число коров в группах было равным 30. Живая масса животных в период отбора составляла $450 \pm 15,6$ кг, возраст – 4-5 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.), 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 качестве биосубстратов в исследовании были использованы цельная кровь, отобранная из хвостовой вены в пробирки VACUETTE с активатором свёртывания крови и гелем для отделения эритроцитарной массы (Greiner Bio-One International AG, Австрия), образцы волос и молока. Для проведения генетических исследований кровь отбиралась в пробирки VACUETTE с антикоагулянтом К2-ЭДТА (2-замещенная калиевая соль этилендиаминтетрауксусной кислоты) (Greiner Bio-One International AG, Австрия).

Выделение ДНК производилось из цельной крови исследуемых животных с использованием набора реагентов для выделения геномной ДНК «М-сорб» («Синтол», Россия). Генотипирование ДНК проводилось методом высокопроизводительного секвенирования, реализуемого при помощи секвенатора MiSeq (Illumina, США) с использованием панели TruSeq Bovine Parentage Sequencing Panel (Illumina, США).

Элементный состав сыворотки крови и волос был изучен по 25 элементам (Al, As, B, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, I, K, Li, Mg, Mn, Na, Ni, P, Pb, Se, Si, Sn, Hg, Sr, V, Zn) методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой с использованием масс-спектрометра NexION 300D (Perkin Elmer Inc., Шелтон, США).

Произведённое молоко взвешивали индивидуально от каждой коровы ежедневно в течение трёх дней подряд. Содержание жира и белка в молоке оценивали с использованием процедуры FIL-IDF на приборе MilkoScan™ FT1 (FossElectric, DK-3400, Hillerød, Дания).

Оборудование и технические средства. Генотипирование проводилось на базе центра коллективного пользования Института клеточного и внутриклеточного симбиоза УрО РАН (г. Оренбург) с использованием платформы MiSeq (Illumina, США). Определение содержания элементов в образцах сыворотки крови производилось в аккредитованной Испытательной лаборатории АНО «Центр биотической медицины» (ИСО 9001:2008 сертификат 54Q10077 т 21.05.2010 г.; г. Москва, Россия) с использованием масс-спектрометра NexION 300D (Perkin Elmer Inc., Шелтон, США).

Статистическая обработка. Статистическая обработка данных проводилась с использованием «Microsoft Office» с применением программы «Excel» («Microsoft», США). В данных о содержании металлов и микроэлементов в сыворотке животных, в качестве описательных статистик использовались значения медианы и соответствующих границах 25-75 центильного интервала. Достоверность погрупповых различий проверяли при помощи U-критерия Манна-Уитни. Оценку соответствия частот генотипов равновесию Харди-Вайнберга проводили с использованием критерия χ^2 Пирсона (при $p > 0,05$ равновесие выполняется). Сравнение частот генотипов и аллелей проводили с помощью критерия χ^2 для таблицы сопряжённости 2×2 . Во всех процедурах статистического анализа рассчитывали достигнутый уровень значимости (p), при этом критический уровень значимости в данном исследовании принимался меньшим или равным 0,05.

Результаты исследований.

В настоящем исследовании было обнаружено три варианта гена *DGAT1*: КК, АК, и АА. В популяции коров чёрно-пёстрой породы частота встречаемости аллеля К была значительно ниже по сравнению с аллелем А и составляла 0,278. Было обнаружено всего 5 особей с генотипом КК, и частота встречаемости генотипа была равной 5,56 %, наиболее часто встречающимся генотипом оказался вариант АА и был обнаружен у 50,0 % особей, частота встречаемости гетерозиготного генотипа АК составила 44,4 %. Значение критерия χ^2 , равное 0,01, показывает, что распределение частот генотипов не отклоняется от равновесного состояния по Харди-Вайнбергу (табл. 1).

Таблица 1. Частота встречаемости генотипов и аллелей гена *DGAT1*
Table 1. Frequency of occurrence of genotypes and alleles of the *DGAT1* gene

Показатель/ <i>Indicator</i>	Частота генотипа / <i>Genotype frequency</i>			Частота аллеля $\pm m_K (m_A)$ / <i>Allele frequency $\pm m_K (m_A)$</i>		χ^2
	КК	АК	АА	$K \pm m_K$	$A \pm m_A$	
Число особей / <i>Number of individuals</i>	5	40	45			
Наблюдаемое распределение, % / <i>Observed distribution, %</i>	5,56	44,44	50,0	0,278 $\pm$ 0,03	0,722 $\pm$ 0,03	0,01
Ожидаемое распределение, % / <i>Expected distribution, %</i>	7,72	40,13	52,16			

Примечание: $m_K (m_A)$ – ошибка частот аллелей, χ^2 – критерий соответствия

Note: $m_K (m_A)$ – allele frequency error, χ^2 – likelihood ratio criterion

Анализ элементного состава волос животных Вологодской области показал, что у коров с генотипом КК обнаруживался более высокий уровень калия, на 29,73 % превышающий группу животных с генотипом АА и на 11,52 % – группу АК. Также наблюдалась тенденция к более высоким концентрациям никеля, который может играть определённую роль в обмене веществ животных, однако токсичен в высоких концентрациях, различия составляли 33,92 % в сравнении с группой, имеющей генотип АА, и 68,81 % по сравнению с генотипом АК. Данная группа также характеризовалась более высокими уровнями свинца в волосе животных – на 64,21% превышающие показатели группы животных с генотипом КА и 12,57 % – группу АА. Свинец является потенциально токсичным элементом и может негативно сказываться на здоровье и продуктивности животных. Стоит отметить, что в волосе животных с генотипом КК были наиболее низкие концентрации жизненно-необходимых элементов, включая макроэлементы кальций, магний и фосфор, а также микроэлементы медь, железо и йод.

Молочные коровы с генотипом АК имели более высокие концентрации селена, способствующего укреплению иммунной системы животных, на 13,23 % по сравнению с генотипом АА ($p=0,03$) и 17,5 % – в сравнении с группой КК. Также у коров с генотипом АК было отмечено более высокое содержание кальция, необходимого для формирования костной ткани и обеспечения правильной лактации, на 10,36 % и йода, обеспечивающего нормальное функционирование щитовидной железы, на 10,24 % в сравнении с группой АА и на 18,93 % и 18,63 % соответственно – относительно группы КК.

Генотип АА был ассоциирован с более высоким содержанием железа, играющего ключевую роль в доставке кислорода к тканям, что особенно важно для молочных коров, так, содержание данного элемента в волосах оказалось выше на 136,17 % в сравнении с группой, имеющей генотип КК. Также в данной группе животных уровень кобальта, необходимого для синтеза витамина В12, который влияет на метаболизм и здоровье животных, был выше на 52,43 %, концентрация меди – на 13,74 %, марганец, играющий важную роль в обмене веществ и здоровье репродуктивной системы, оказался выше на 31,10 %, магний – на 31,22 % и фосфор, критически важный для энергетического обмена – на 24,84 % выше по сравнению с группой животных, имеющей генотип КК (рис. 1).

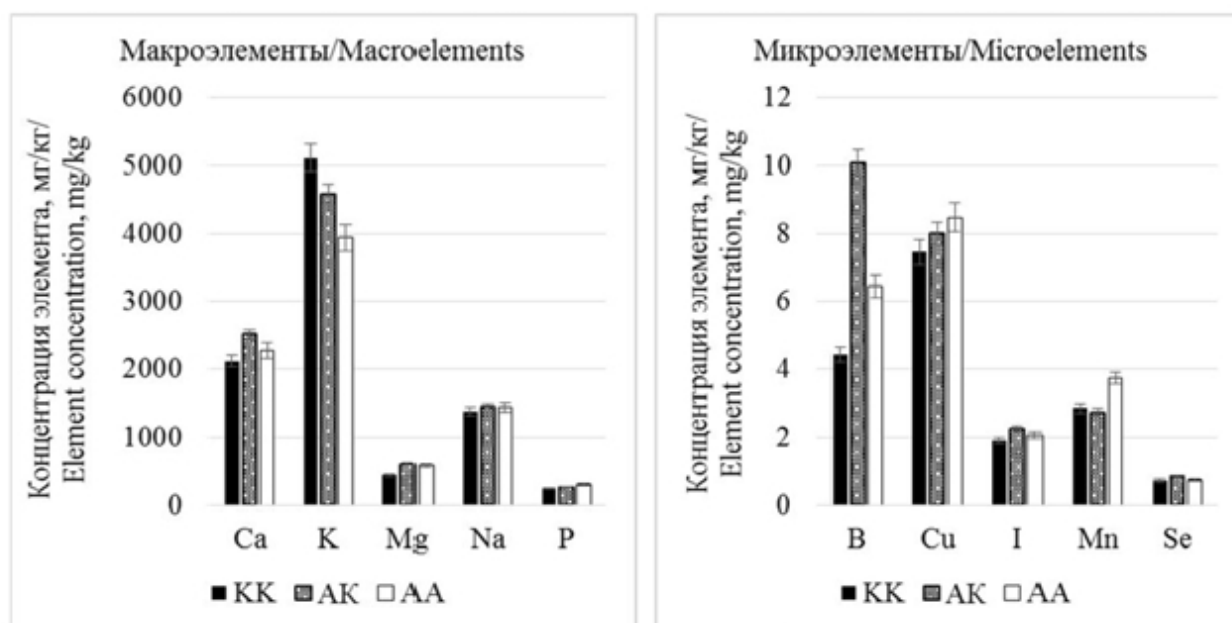
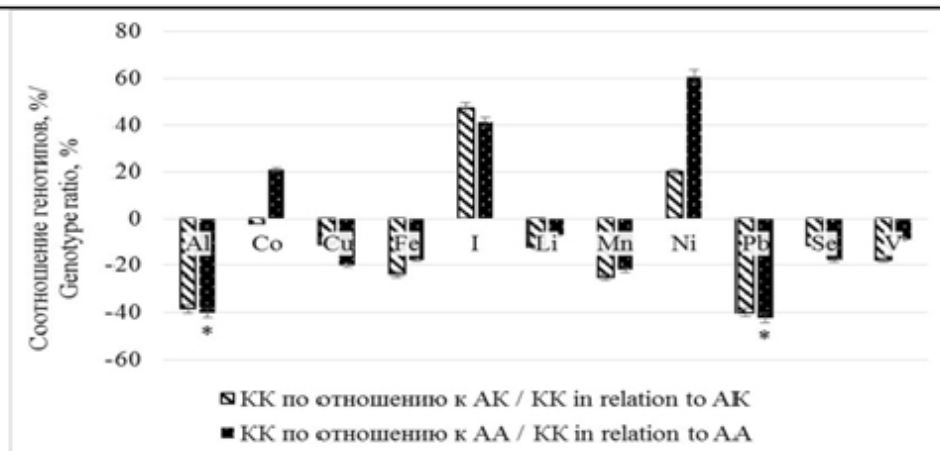


Рисунок 1. Содержание макро- и микроэлементов в волосе коров Вологодской области
Figure 1. The content of macro- and microelements in the wool of cows from the Vologda region

В сыворотке крови животных Вологодской области с генотипом КК также наблюдалась аналогичная тенденция к повышенным уровням никеля (на 60,81 %) по сравнению с группой животных с генотипом АА. Также в группе жизненно-необходимых элементов у данных животных отмечались более высокие показатели йода, на 41,27 % превышающие группу с генотипом АА. Концентрации алюминия, который может оказывать токсичное действие на организм, у животных с генотипом КК были ниже на 38,4 % по сравнению с генотипом АК и на 40,24 % ($p=0,04$) – по сравнению с генотипом АА, свинца – на 40,0 % и на 42,31 % ($p=0,02$) соответственно, что подчеркивает потенциально более благоприятный генотип для здоровья и продуктивности в данном хозяйстве (рис. 2). У животных с генотипом АК были зафиксированы более высокие концентрации ванадия, который может участвовать в различных метаболических процессах, на 10,7 % ($p=0,05$) выше по сравнению с генотипом АА. Генотип АА был ассоциирован с более высокими показателями селена – на 21,46 % выше относительно группы КК. Также у данных животных отмечалась тенденция к более высоким показателям фосфора, меди и железа.



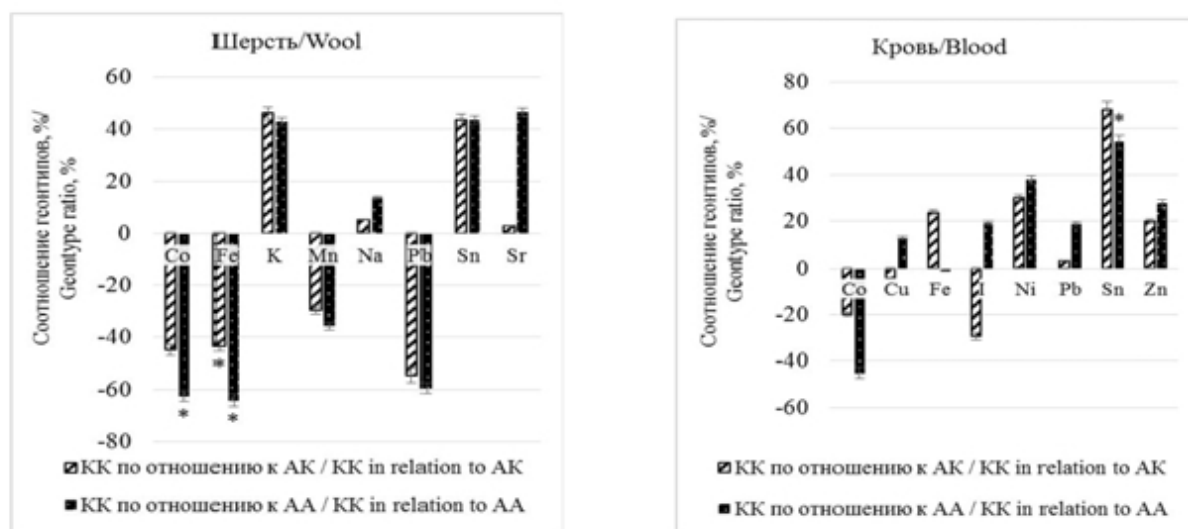
Примечание: * – $p \leq 0,05$ при сравнении генотипов между собой

Note: * – $p \leq 0.05$ when comparing genotypes with each other

Рисунок 2. Различия элементного состава сыворотки крови коров Вологодской области между аллельными вариантами гена *DGAT1*

Figure 2. Differences in the elemental composition of blood serum of cows from the Vologda region between allelic variants of the *DGAT1* gene

В результате изучения элементного состава волос животных Ленинградской области было выявлено, что генотип КК характеризовался наименьшим содержанием железа, необходимого для синтеза гемоглобина и транспортировки кислорода, различия с генотипом АК составили 43,37 % ($p=0,03$), а с генотипом АА – 64,08 % ($p=0,02$). В макроэлементном составе наблюдались наиболее высокие концентрации калия и натрия, которые оказались на 43,01% и 13,77 % выше в сравнении с группой АА. Содержание кобальта в данной группе было достоверно ниже на 62,38 % ($p=0,03$) по сравнению с генотипом АА и 44,75 % – в сравнении с генотипом АК. Содержание токсичных элементов стронция и олова у животных данной группы оказалось максимальным относительно остальных групп (рис. 3).



Примечание: * – $P \leq 0,05$ при сравнении генотипов между собой

Note: * – $P \leq 0.05$ when comparing genotypes with each other

Рисунок 3. Различия элементного состава волос и сыворотки крови коров Ленинградской области между аллельными вариантами гена *DGAT1*

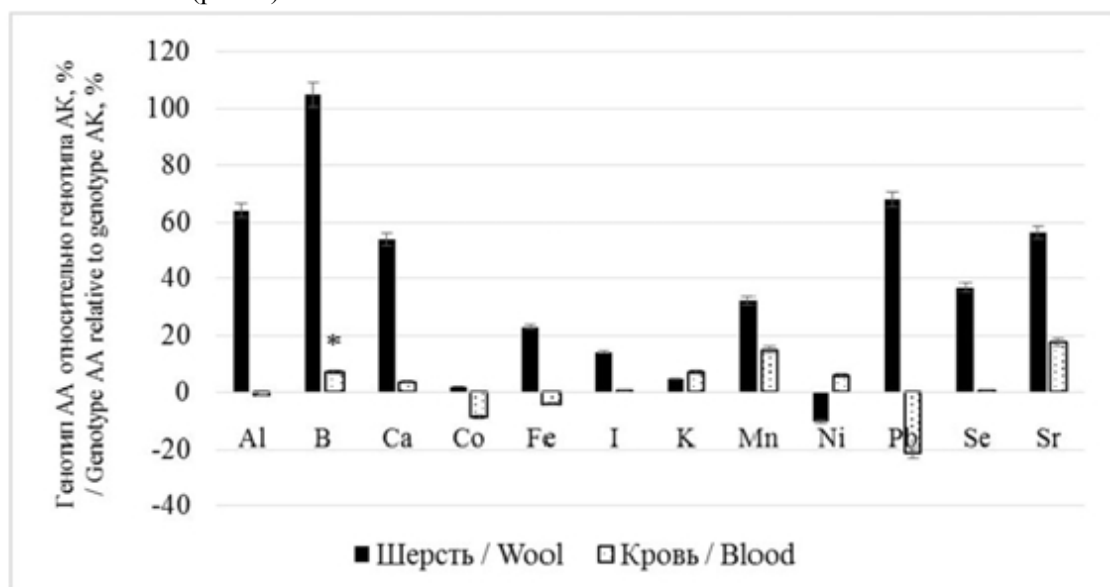
Figure 3. Differences in the elemental composition of hair and blood serum of cows from the Leningrad region between allelic variants of the *DGAT1* gene

У животных с генотипом АК были определены наиболее низкие концентрации лития по сравнению с генотипом АА, сниженные на 40,64 % ($p=0,04$), и наиболее высокое содержание кальция, критически важного для формирования молока и поддержания здоровья костей, увеличенное на 51,96 % относительно группы АА.

У животных с генотипом АА наблюдалась тенденция к более высоким концентрациям марганца – на 55,82 %, фосфора – на 13,04 % и меди – на 15,73 % выше, чем у животных с генотипом КК. Также статистически значимые различия были зафиксированы в отношении железа, уровень которого в волосе животных с генотипом АА оказался на 178,43% ($p=0,03$) выше, чем в группе КК и на 57,69 % выше, чем в группе АК.

Результаты элементного состава сыворотки крови животных Ленинградской области с генотипом АК демонстрировали более высокие концентрации большинства жизненно-необходимых элементов, например, меди – на 17,87 %, йода – на 68,89 %, марганца – на 8,62 % по сравнению с генотипом АА и на 4,33 %, 41,83 % и 18,68 % соответственно – выше группы КК. У животных с генотипом АА наблюдалось более высокое содержание железа – на 25,14 % выше относительно группы с генотипом АК, однако содержание меди и йода оказалось ниже, чем в других исследуемых группах. Генотип КК был ассоциирован с высоким содержанием олова на 54,17 % ($p=0,02$) и свинца – на 18,91 % по сравнению с генотипом АА, а также с тенденцией к повышению уровней никеля на 37,88 % и цинка – на 27,67 %.

Далее, исследование полиморфизма K232A гена *DGAT1* у коров Оренбургской области показало наличие двух генотипов: гомозиготного АА и гетерозиготного АК. По результатам анализа элементного состава волос статистически значимых различий не было обнаружено. Тем не менее, в группе животных с генотипом АК наблюдалась тенденция к более высокому содержанию никеля – на 11,72 % по сравнению с гомозиготной группой АА. В группе с генотипом АА отмечались более высокие уровни алюминия на 63,84 %, бора – на 104,75 %, кальция – на 53,97 %, железа – на 22,91 %, йода – на 14,31 %, марганца – на 32,18 % и селена – на 36,83 % выше в сравнении с группой с генотипом АК (рис. 4).



Примечание: * – $P \leq 0,05$ при сравнении генотипов между собой

Note: * – $P \leq 0.05$ when comparing genotypes with each other

Рисунок 4. Различия элементного состава волос и сыворотки крови коров Оренбургской области между аллельными вариантами гена *DGAT1*

Figure 4. Differences in the elemental composition of hair and blood serum of cows from the Orenburg region between allelic variants of the *DGAT1* gene

В элементном составе крови животных с генотипом АА было обнаружено более высокое содержание бора – на 7,14 % ($p=0,04$) по сравнению с гетерозиготными животными, а также наблюдалась тенденция к более высоким концентрациям кальция – на 3,63 %, калия – на 7,27 % и стронция – на 17,74 %. Группа животных с генотипом АК демонстрировала более высокие уровни кобальта на 9,68 % и свинца – на 27,1 % по сравнению с гомозиготным генотипом.

Анализ продуктивных показателей животных Вологодской области показал достоверные различия в среднесуточном удое. Наиболее высокие показатели отмечены у животных с генотипом КК – на 29,84 % ($p=0,03$) по сравнению с выборкой АК и на 25,99 % ($p=0,03$) – с выборкой АА (рис. 5).

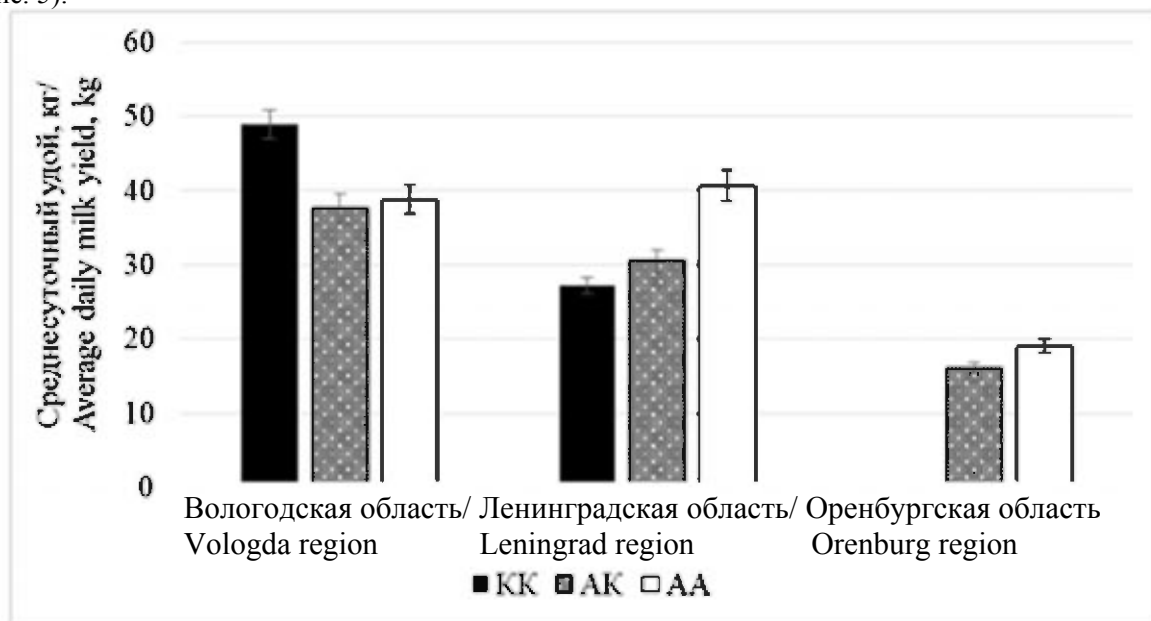


Рисунок 5. Показатели среднесуточного удоя коров Вологодской, Ленинградской и Оренбургской областей

Figure 5. Indicators of average daily milk yield of cows from the Vologda, Leningrad and Orenburg regions

Показатель среднесуточного удоя коров Ленинградской и Оренбургской областей не имел статистически значимых различий между группами, однако наблюдалась тенденция к более высоким показателям удоя у животных с генотипом АА. Так, показатель среднесуточного удоя у особей с генотипом АА в Ленинградской области оказался выше на 33,26% по сравнению с группой АК и 49,14 % – относительно группы КК, в Оренбургской области разница с генотипом АК составила 18,63 %. Значимых различий в массовой доле жира и белка среди генотипов также не выявлено.

Исследование влияния полиморфизма K232A гена *DGAT1* на элементный состав волоса и крови, а также на молочную продуктивность коров чёрно-пёстрой породы показало значимые различия между генотипами. В частности, установлено, что различные генотипы (КК, АК, АА) были ассоциированы с различиями в концентрациях определённых микроэлементов, что в свою очередь влияло на молочную продуктивность коров. Эти результаты подчеркивают вклад генетического полиморфизма в формирование биохимических свойств организма, а также его влияние на продуктивные показатели.

Обсуждение полученных результатов.

Анализируя полученные результаты, можно сделать вывод о влиянии каждого генотипа *DGAT1* на элементный статус и продуктивные характеристики животных различных областей.

Генотип КК был ассоциирован с высокой молочной продуктивностью в Вологодской области, но также показал проблемы с уровнем некоторых микроэлементов (например, низкие уровни железа). Этот генотип продемонстрировал высокие показатели удоя, однако наличие повышенных уровней потенциально токсичных элементов в Ленинградской и Оренбургской областях (таких как никель, олово и свинец) может вызвать опасения относительно долгосрочного здоровья животных.

Генотип АК проявлял некое преимущество в определённых жизненно-необходимых элементах, что позволяет говорить о возможной сбалансированности питания и здоровья животных с данным генотипом. Тем не менее, в Оренбургской области наблюдались повышенные уровни никеля, что указывает на необходимость внимания к качеству кормов и их воздействию на здоровье животных. Важно отметить, что, несмотря на некоторые отклонения в элементном составе, массовая доля жира и белка в молоке оставалась на стабильном уровне, что свидетельствует о сохранении качества продукции. Генотип АК требует более глубокого анализа и мониторинга состояния здоровья с целью минимизации влияния токсичных элементов и улучшения рациона.

Исследование коров с генотипом АА в трёх различных хозяйствах показало, что этот генотип имеет свои уникальные характеристики. Генотип АА продемонстрировал высокую продуктивность во всех регионах, но его показатели среднесуточного удоя оказались ниже, чем у животных с генотипом КК в Вологодской области. В сыворотке крови коров с генотипом АА уровни токсичных микроэлементов находились в пределах нормы, что говорит о хорошем состоянии здоровья животных и правильном рационе. Эти наблюдения подчеркивают важность обеспечения коров необходимыми микроэлементами для поддержания их здоровья и продуктивности. Тем не менее результаты указывают на необходимость продолжения мониторинга состояния здоровья и элементного состава, чтобы избежать возникновения проблем, связанных с накоплением токсичных элементов. Таким образом, генотип АА имеет свои преимущества, и дальнейшие исследования в данной области могут предоставить ценные данные для селекции, улучшения здоровья и продуктивности коров в различных регионах.

Элементы, содержащиеся в волосах животных, могут служить индикаторами избыточного накопления в организме (Miroshnikov S et al., 2019), а также быть ассоциированными с продуктивными показателями молочных коров (Мирошников С.А. и др., 2019; Казакова Т.В. и др., 2020). Анализ состава волос может дать ценную информацию о здоровье и питании животных, поскольку волосы являются постоянным источником для оценки микроэлементного статуса, отражая не только краткосрочные изменения в рационе, но и более устойчивые кумулятивные эффекты (Lim HJ et al., 2024). В Вологодской области в волосе коров с генотипом АА было зафиксировано, что содержание марганца было выше на 31,10 % по сравнению с генотипом КК, а в Ленинградской области – на 55,82 %. Содержание железа у животных с генотипом АА также оказалось значительно выше – на 136,17 % в Вологодской области и на 178,43 % – в Ленинградской области ($p=0,02$). Железо является жизненно важным микроэлементом, необходимым для синтеза гемоглобина, который отвечает за транспортировку кислорода в организме. Кроме того, оно участвует в нескольких физиологических процессах, таких как иммунный ответ и энергетический обмен, а также выполняет ключевую роль в кроветворной функции. Железо необходимо для поддержания общего здоровья животных, и его дефицит может приводить к анемии и другим заболеваниям (VanEmon M et al., 2020). Стоит отметить, что железо характеризуется высокой биодоступностью и, благодаря своим свойствам, редко вызывает токсические реакции у крупного рогатого скота (Perillo L et al., 2021). Это делает его особенно важным элементом в рационе животных. Марганец, в свою очередь, выполняет ключевую функцию в процессе воспроизводства и развития плода, а также участвует в синтезе холестерина, который необходим для формирования стероидных гормонов, таких как прогестерон, эстроген и тестостерон (VanEmon M et al., 2020). Эти гормоны не только регулируют репродуктивные процессы, но и влияют на общий обмен веществ в организме. Нормальный уровень марганца также играет важную роль в поддержании здоровья суставов и костей, а его дефицит может привести к различным патологиям, включая нарушения воспроизводительной функции. Таким образом, поддержание нормального уровня микроэлементов, таких как железо и марганец, является крити-

чески важным для здоровья и продуктивности молочных коров, что также подчеркивает значение генотипической предрасположенности в этих процессах.

Повышение концентрации микроэлементов в молоке и сыворотке крови молочных коров имеет важное значение как для здоровья животных, так и для питательной ценности молока (Vieira-Neto A et al., 2024). Эти микроэлементы выполняют множество функций в организме, включая участие в метаболизме, иммунной активности и репродуктивных процессах. Наиболее заметное влияние уровни микроэлементов оказывают на молочную продуктивность дойных коров, так как их наличие в сыворотке крови связано с физиологическими процессами, необходимыми для полноценного периода лактации (Sizova EA et al., 2022).

Особенно важным является уровень кальция, который играет ключевую роль в осуществлении ряда физиологических функций, включая сокращение мышц, передачу нервных импульсов и формирование костной ткани. Согласно исследованию (Zhang X et al., 2020), низкий уровень кальция оказался фактором риска снижения надоев у молочных коров. Это подчеркивает важность поддержания оптимального уровня кальция в рационе. В настоящем исследовании было установлено, что у животных с генотипом АА, демонстрирующих более высокие показатели удоя в Ленинградской и Оренбургской областях, также были обнаружены повышенные концентрации кальция в сыворотке крови – на 4,89 % в Ленинградской области по сравнению с группой КК, а также на 3,63 % – в Оренбургской области относительно группы АК. Это свидетельствует о том, что генотип может оказывать значительное влияние на метаболизм микроэлементов, что, в свою очередь, отражается на продуктивности.

Низкое содержание кальция у животных с генотипом КК в Вологодской области может быть связано с высоким уровнем калия, который обратно пропорционален содержанию кальция в биосубстратах (Miroshnikov S et al., 2021). Повышенные уровни калия могут затруднять усвоение кальция, что, в свою очередь, может сказаться на общем состоянии здоровья животных и их молочной продуктивности. Однако следует отметить, что при высоких концентрациях бора наблюдается увеличение усвоения кальция, магния и фосфора (Abdelnour SA et al., 2018). В нашем исследовании это явление было отмечено у животных с генотипом АА в Оренбургской области, что указывает на необходимость дальнейшего изучения микроэлементного состава кормов и его воздействия на продуктивные показатели молочных коров. Это также подтверждает, что правильное соотношение микроэлементов в рационе животных имеет решающее значение для поддержания их здоровья и продуктивности.

В настоящем исследовании была зафиксирована ассоциация генотипа КК с высокими концентрациями никеля, олова и свинца в сыворотке крови животных в ряде хозяйств. В Вологодской области содержание никеля оказалось выше на 60,81 %, в Ленинградской области – на 37,88 % по сравнению с животными с генотипом АА, а содержание свинца и олова – на 18,91 % и 54,16 % ($p=0,02$) соответственно. Никель является важным элементом, который играет значительную роль во многих биохимических и физиологических процессах. Он функционирует как кофактор для ряда ферментов, участвующих в метаболизме, а также может оказывать влияние на активность некоторых гормонов. Например, никель необходим для синтеза некоторых белков и может способствовать улучшению функций клеточных мембран. Однако при превышении определённых уровней никель может стать токсичным, вызывая ряд негативных эффектов. Токсичность никеля может приводить к повреждению клеток, изменению активности ферментов и гормонов, а также к окислительному стрессу. Окислительный стресс возникает, когда в организме происходит избыток свободных радикалов, что может негативно сказаться на здоровье животных, приводя к заболеваниям, снижению иммунитета и ухудшению общего состояния организма (Boudebouz A et al., 2021; Нотова С.В. и др., 2022). Известно, что повышение концентраций токсичных микроэлементов, таких как никель, часто коррелирует с содержанием свинца (Miroshnikov S et al., 2021). Свинец, как и никель, представляет собой токсичный элемент, который может оказывать негативное влияние на здоровье животных. Он накапливается в организме и со временем может вызывать отравление, приводя к нарушению функций нервной и иммунной систем, а также к расстройствам в работе ор-

ганов. В нашем исследовании у коров Вологодской области уровень свинца оказался ниже на 42,31 % ($p=0,02$) в сравнении с генотипом АА. Это указывает на влияние окружающей среды и кормления на содержание этих токсичных микроэлементов в организме животных, что требует дальнейшего изучения для обеспечения здоровья и продуктивности молочных коров.

Согласно нашим предыдущим исследованиям, молочная продуктивность крупного рогатого скота определяется генетическими особенностями, что делает генетическое совершенствование важным направлением для повышения уровня молока у коров с экономической точки зрения (Тарасова Е.И. и др., 2024). Генетический полиморфизм, особенно такие мишени, как полиморфизм K232A гена *DGATI*, оказывает значительное влияние на производственные характеристики. Например, в исследовании Li Y и коллег (2021) было обнаружено, что коровы с генотипом КК производят меньшее количество молока по сравнению с коровами с генотипом АА. Это подчеркивает важность генетического анализа для выбора животных для племенной работы.

В данном исследовании, напротив, было выявлено, что в Вологодской области высокие показатели удоя связаны с генотипом КК, тогда как в Ленинградской и Оренбургской областях более высокие показатели удоя наблюдаются у коров с генотипом АА. Эти результаты демонстрируют, что местные условия, такие как климат, кормление и содержание, могут влиять на реализацию генетического потенциала животных, что важно учитывать при составлении племенных программ.

Кроме того, полиморфизм K232A оказывает заметное положительное влияние на содержание жира и белка в молоке у коров с генотипом КК, как было отмечено в исследовании (Li Y et al., 2021). В другом исследовании (Mahmoudi P and Rashidi A, 2023) было продемонстрировано, что генотипы АА и АК положительно влияют на жирность молока. По нашим наблюдениям не было обнаружено статистической значимости в содержании жира и белка молока трёх хозяйств. Это может указывать на то, что влияние генетических вариаций может быть менее заметным в определённых условиях или в контексте других факторов, таких как питание и содержание стад.

Таким образом, можно заключить, что генотипы АА и КК обладают разной племенной ценностью. Генотип АА по сравнению с генотипом КК продемонстрировал большую молочную продуктивность, что проявляется в среднем или более высоком уровне среднесуточного удоя коров трёх хозяйств (Fink T et al., 2020). Кроме того, генотип АА имеет потенциальные преимущества в отношении содержания жизненно необходимых макро- и микроэлементов, что может способствовать общей продуктивности и здоровью животных. Это подчеркивает необходимость дальнейших исследований и генетического анализа для оптимизации племенных программ и улучшения молочной продуктивности дойных коров.

Заключение.

Исследование элементного состава и продуктивности молочных коров в хозяйствах Вологодской, Ленинградской и Оренбургской областей выявило значимые зависимости между генотипами *DGATI* и содержанием элементов, а также продуктивными показателями животных.

1. Влияние генотипа на содержание микроэлементов. Коровы с генотипом АА в большинстве случаев демонстрировали более высокие уровни критически важных макро- и микроэлементов, таких как кальций, железо и марганец, что может способствовать улучшению здоровья и увеличению молочной продуктивности. В частности, в Вологодской области уровень железа у АА был значительно выше в сравнении с КК, что указывает на адаптационную эффективность этого генотипа к условиям содержания.

Генотип КК, напротив, был ассоциирован с более высокими концентрациями токсичных микроэлементов, таких как никель, олово и свинец, что может негативно сказываться на здоровье животных и ограничивать их продуктивность. Наиболее высокое содержание никеля наблюдалось у животных Вологодской области, где данный показатель оказался выше на 60,81 % по сравнению с АА.

2. Продуктивные показатели. В Вологодской области коровы с генотипом КК показали наиболее высокие среднесуточные удои, что говорит о том, что в условиях данного региона этот генотип может иметь определённые преимущества. Однако в Ленинградской и Оренбургской областях преобладание продуктивности у коров с генотипом АА подчеркивает влияние экологических и кормовых факторов, а также возможные генетические предрасположенности этих групп к более высокому удою.

Данное исследование показывает важность изучения генетических особенностей животных для оптимизации их продуктивности, а также подтверждает потенциальную ценность генотипа АА полиморфизма K232A DGAT1 для селекционных работ.

Список источников

1. Изучение влияния тяжёлых металлов и их смесей на организм (обзор) / С.В. Нотова, О.В. Маршинская, Т.В. Казакова, А.М. Мифтахова // Животноводство и кормопроизводство. 2022. Т. 105. № 3. С. 19-33. [Notova SV, Marshinskaya OV, Kazakova TV, Miftakhova AM. Study of the influence of heavy metals and their mixtures on the body (review). Animal Husbandry and Fodder Production. 2022;105(3):19-33. (In Russ.)]. doi: 10.33284/2658-3135-105-3-19.
2. Суммарное накопление тяжёлых металлов-микроэлементов в шерсти в связи с молочной продуктивностью коров / Т.В. Казакова, О.В. Маршинская, С.А. Мирошников, С.В. Нотова, О.А. Завьялов, А.Н. Фролов, Е.А. Тяпугин // Животноводство и кормопроизводство. 2020. Т. 103. № 2. С. 8-23. [Kazakova TV, Marshinskaya OV, Miroshnikov SA, Notova SV, Zavyalov OA, Frolov AN, Tyapugin EA. Total accumulation of heavy trace metals in hair caused by milk production of cows. Animal Husbandry and Fodder Production. 2020;103(2):8-23. (In Russ.)]. doi: 10.33284/2658-3135-103-2-8.
3. Тарасова Е.И., Нотова С.В. Гены-маркеры продуктивных характеристик молочного скота (обзор) // Животноводство и кормопроизводство. 2020. Т. 103. № 3. С. 58-80. [Tarasova EI, Notova SV. Gene markers of the productive characteristics of dairy cattle (review). Animal Husbandry and Fodder Production. 2020;103(3):58-80. (In Russ.)]. doi: 10.33284/2658-3135-103-3-58
4. Тарасова, Е.И., Полякова В.С., Сизова Е.А. Полиморфизм гена DGAT1 и его связь с элементным составом крови и молочной продуктивностью черно-пестрых коров / Актуальные вопросы и инновации в животноводстве: материалы Всерос. науч.-практ. конф., посвящ. 100-летию со дня рождения проф. С.Г. Леушина, 300-летию Российской академии наук. г. Оренбург, 22-23 мая 2024 года. Оренбург: изд-во ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН, 2024. С. 9-13. [Tarasova EI, Polyakova VS, Sizova EA. Polimorfizm gena DGAT1 i ego svyaz' s elementnym sostavom krovi i molochnoj produktivnost'yu cherno-pestrykh korov (Conference proceedings) Aktual'nye voprosy i innovacii v zhivotnovodstve: materialy Vseros. nauch.-prakt. konf., posvyashch. 100-letiyu so dnya rozhdeniya prof. S.G. Leushina, 300-letiyu Rossiiskoi akademii nauk. g. Orenburg, 22-23 maya 2024 goda. Orenburg: izd-vo FGBNU FNTs BST RAN, 2024:9-13. (In Russ.)].
5. 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. Animal Husbandry and Fodder Production. 2019;102(2):30-45. (In Russ.)]. doi: 10.33284/2658-3135-102-2-30
6. Abdelnour SA, Abd El-Hack ME, Swelum AA, Perillo A, Losacco C. The vital roles of boron in animal health and production: A comprehensive review. J Trace Elem Med Biol. 2018;50:296-304. doi: 10.1016/j.jtemb.2018.07.018
7. Boudebbouz A, Boudalia S, Bousbia A, Habila S, Boussadia MI, Gueroui Y. Heavy metals levels in raw cow milk and health risk assessment across the globe: A systematic review. Sci Total Environ. 2021;751:141830. doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.141830

8. Elzaki S, Korkuć P, Arends D, Reissmann M, Brockmann GA. Effects of *DGAT1* on milk performance in Sudanese butana×Holstein crossbred cattle. Trop Anim Health Prod. 2022;54(2):142. doi: 10.1007/s11250-022-03141-7
9. Faraj SH, Yheia A. *DGAT1* gene polymorphism and its relationships with cattle milk yield and chemical composition. Periódico Tchê Química. 2020;17(35):174-180.
10. Fink T, Lopdell TJ, Tiplady K, Handley R, Johnson TJJ, Spelman RJ, Davis SR, Snell RG, Littlejohn MD. A new mechanism for a familiar mutation - bovine *DGAT1* K232A modulates gene expression through multi-junction exon splice enhancement. BMC Genomics. 2020;21(1):591. doi: 10.1186/s12864-020-07004-z
11. Gothwal A, Magotra A, Bangar YC, Malik BS, Yadav AS, Garg AR. Candidate K232A mutation of *DGAT1* gene associated with production and reproduction traits in Indian Dairy cattle. Anim Biotechnol. 2023;34(7):2608-2616. doi: 10.1080/10495398.2022.2109041
12. Kęsek-Woźniak MM, Wojtas E, Zielak-Steciwo AE. Impact of SNPs in *ACACA*, *SCD1*, and *DGAT1* genes on fatty acid profile in bovine milk with regard to lactation phases. Animals. 2020;10(6):997. doi: <https://doi.org/10.3390/ani10060997>
13. Kharlamov AV, Frolov AN, Zavyalov OA. Technology for detecting highly productive animals based on elemental status assessment (Conference proceedings). IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Omsk City, Western Siberia, 04–05 July 2020. Omsk City, Western Siberia, 2021;624:012023. doi: 10.1088/1755-1315/624/1/012023
14. Krovvidi S, Thiruvankadan AK, Murali N, Saravanan R, Vinoo R, Metta M. Evaluation of non-synonym mutation in *DGAT1* K232A as a marker for milk production traits in Ongole cattle and Murrah buffalo from Southern India. Trop Anim Health Prod. 2021;53(1):118. doi: 10.1007/s11250-021-02560-2
15. Li Y, Zhou H, Cheng L, Edwards GR, Hickford JGH. Effect of *DGAT1* variant (K232A) on milk traits and milk fat composition in outdoor pasture-grazed dairy cattle. New Zealand Journal of Agricultural Research. 2021;64(1):101-113. <https://doi.org/10.1080/00288233.2019.1589537>
16. Lim HJ, Lee S, Park W, Park E, Yoo JG. Mineral patterns in hair: A decisive factor between reproducible and repeat breeder dairy cows. PLoS One. 2024;19(4):e0301362. doi: 10.1371/journal.pone.0301362
17. Liu J, Wang Z, Li J, Li H, Yang L. Genome-wide identification of Diacylglycerol Acyltransferases (DGAT) family genes influencing Milk production in Buffalo. BMC Genet. 2020;21(1):26. doi: 10.1186/s12863-020-0832-y
18. Mahmoudi P, Rashidi A. Strong evidence for association between K232A polymorphism of the *DGAT1* gene and milk fat and protein contents: A meta-analysis. J Dairy Sci. 2023;106(4):2573-2587. doi: 10.3168/jds.2022-22315
19. 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
20. Miroshnikov S, Zavyalov O, Frolov A, Sleptsov I, Sirazetdinov F, Poherukhin M. The content of toxic elements in hair of dairy cows as an indicator of productivity and elemental status of animals. Environ Sci Pollut Res Int. 2019;26(18):18554-18564. doi: 10.1007/s11356-019-05163-5
21. Perillo L, Arfuso F, Piccione G, Dara S, Tropia E, Cascone G, Licitra F, Monteverde V. Quantification of some heavy metals in hair of dairy cows housed in different areas from sicily as a bioindicator of environmental exposure—a preliminary study. Animals. 2021;11(8):2268. doi: <https://doi.org/10.3390/ani11082268>
22. Samuel B, Dadi H, Dinka H. Effect of the *DGAT1* K232A mutation and breed on milk traits in cattle populations of Ethiopia. Front Anim Sci. 2023;4:1096706. doi: 10.3389/fanim.2023.1096706
23. Singh A, Malla WA, Kumar A, Jain A, Thakur MS, Khare V, Tiwari SP. Review: genetic background of milk fatty acid synthesis in bovines. Trop Anim Health Prod. 2023;55(5):328. doi: 10.1007/s11250-023-03754-6.

24. Sizova EA, Miroshnikov SA, Notova SV, Marshinskaya OV, Kazakova TV, Tinkov AA, Skalny AV. Serum and hair trace element and mineral levels in dairy cows in relation to daily milk yield. *Biol Trace Elem Res.* 2022;200(6):2709-2715. doi: 10.1007/s12011-021-02878-w
25. Tumino S, Criscione A, Moltisanti V, Marletta D, Bordonaro S, Avondo M, Valenti B. Feeding system resizes the effects of *DGAT1* polymorphism on milk traits and fatty acids composition in Modicana cows. *Animals (Basel).* 2021;11(6):1616. doi: 10.3390/ani11061616
26. Valenti B, Criscione A, Moltisanti V, Bordonaro S, De Angelis A, Marletta D, Di Paola F, Avondo M. Genetic polymorphisms at candidate genes affecting fat content and fatty acid composition in Modicana cows: effects on milk production traits in different feeding systems. *Animal.* 2019;13(6):1332-1340. doi: 10.1017/S1751731118002604
27. Van Emon M, Sanford C, McCoski S. Impacts of bovine trace mineral supplementation on maternal and offspring production and health. *Animals (Basel).* 2020;10(12):2404. doi: 10.3390/ani10122404
28. Vieira-Neto A, Lean IJ, Santos JEP. Periparturient mineral metabolism: implications to health and productivity. *Animals (Basel).* 2024;14(8):1232. doi: 10.3390/ani14081232
29. Wang Z, She X. Potential value of epistatic traits and milk production-related genes for screening high-yielding cows. *China Dairy.* 2023;4:51-56. doi: 10.12377/1671-4393.23.04.07
30. Zhang X, Wang Z, Shah AM, Hassan MF, Peng Q, Hu R, Zou H, Wang C, Xue B, Wang L and Jiang Y. Production performance, metabolic profile and calcium-regulating hormones of transition dairy cows with different blood calcium status after parturition. *Pak Vet J.* 2020;40(1):19-24. <http://dx.doi.org/10.29261/pakvetj/2019.085>

References

1. Notova SV, Marshinskaya OV, Kazakova TV, Miftakhova AM. Study of the influence of heavy metals and their mixtures on the body (review). *Animal Husbandry and Fodder Production.* 2022;105(3):19-33. doi: 10.33284/2658-3135-105-3-19
2. Kazakova TV, Marshinskaya OV, Miroshnikov SA, Notova SV, Zavyalov OA, Frolov AN, Tyapugin EA. Total accumulation of heavy trace metals in hair caused by milk production of cows. *Animal Husbandry and Fodder Production.* 2020;103(2):8-23. doi: 10.33284/2658-3135-103-2-8
3. Tarasova EI, Notova SV. Gene markers of the productive characteristics of dairy cattle (review). *Animal Husbandry and Fodder Production.* 2020;103(3):58-80. doi: 10.33284/2658-3135-103-3-58
4. Tarasova EI, Polyakova VS, Sizova EA. *DGAT1* gene polymorphism and its association with elemental composition of blood and milk productivity of Black-and-White cows (Conference proceedings) Current issues and innovations in animal husbandry: Proceedings of the All-Russian scientific and practical conference, dedicated to the 100th anniversary of the birth of Prof. S.G. Leushin, 300th anniversary of the Russian Academy of Sciences. Orenburg, May 22-23, 2024. Orenburg: Publishing house of Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies RAS, 2024: 9-13.
5. Miroshnikov SA, Zavyalov OA, Frolov AN, Kurilkina MYa. The phenomenon of loaded metabolism and productivity of dairy cows. *Animal Husbandry and Fodder Production.* 2019;102(2):30-45. doi: 10.33284/2658-3135-102-2-30.
6. Abdelnour SA, Abd El-Hack ME, Swelum AA, Perillo A, Losacco C. The vital roles of boron in animal health and production: A comprehensive review. *J Trace Elem Med Biol.* 2018;50:296-304. doi: 10.1016/j.jtemb.2018.07.018
7. Boudebbouz A, Boudalia S, Bousbia A, Habila S, Boussadia MI, Gueroui Y. Heavy metals levels in raw cow milk and health risk assessment across the globe: A systematic review. *Sci Total Environ.* 2021;751:141830. doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.141830
8. Elzaki S, Korku  P, Arends D, Reissmann M, Brockmann GA. Effects of *DGAT1* on milk performance in Sudanese butana Holstein crossbred cattle. *Trop Anim Health Prod.* 2022;54(2):142. doi: 10.1007/s11250-022-03141-7

9. Faraj SH, Yheia A. DGAT1 gene polymorphism and its relationships with cattle milk yield and chemical composition. *Periódico Tchê Química*. 2020;17(35):174-180.
10. Fink T, Lopdell TJ, Tiplady K, Handley R, Johnson TJJ, Spelman RJ, Davis SR, Snell RG, Littlejohn MD. A new mechanism for a familiar mutation - bovine *DGAT1* K232A modulates gene expression through multi-junction exon splice enhancement. *BMC Genomics*. 2020;21(1):591. doi: 10.1186/s12864-020-07004-z
11. Gothwal A, Magotra A, Bangar YC, Malik BS, Yadav AS, Garg AR. Candidate K232A mutation of *DGAT1* gene associated with production and reproduction traits in Indian Dairy cattle. *Anim Biotechnol*. 2023;34(7):2608-2616. doi: 10.1080/10495398.2022.2109041
12. Kęsek-Woźniak MM, Wojtas E, Zielak-Steciwo AE. Impact of SNPs in *ACACA*, *SCD1*, and *DGAT1* genes on fatty acid profile in bovine milk with regard to lactation phases. *Animals*. 2020;10(6):997. doi: <https://doi.org/10.3390/ani10060997>
13. Kharlamov AV, Frolov AN, Zavyalov OA. Technology for detecting highly productive animals based on elemental status assessment (Conference proceedings). IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Omsk City, Western Siberia, 04–05 July 2020. Omsk City, Western Siberia, 2021;624:012023. doi: 10.1088/1755-1315/624/1/012023
14. Krovvidi S, Thiruvankadan AK, Murali N, Saravanan R, Vinoo R, Metta M. Evaluation of non-synonym mutation in *DGAT1* K232A as a marker for milk production traits in Ongole cattle and Murrah buffalo from Southern India. *Trop Anim Health Prod*. 2021;53(1):118. doi: 10.1007/s11250-021-02560-2
15. Li Y, Zhou H, Cheng L, Edwards GR, Hickford JGH. Effect of DGAT1 variant (K232A) on milk traits and milk fat composition in outdoor pasture-grazed dairy cattle. *New Zealand Journal of Agricultural Research*. 2021;64(1):101-113. <https://doi.org/10.1080/00288233.2019.1589537>
16. Lim HJ, Lee S, Park W, Park E, Yoo JG. Mineral patterns in hair: A decisive factor between reproducible and repeat breeder dairy cows. *PLoS One*. 2024;19(4):e0301362. doi: 10.1371/journal.pone.0301362
17. Liu J, Wang Z, Li J, Li H, Yang L. Genome-wide identification of Diacylglycerol Acyltransferases (DGAT) family genes influencing Milk production in Buffalo. *BMC Genet*. 2020;21(1):26. doi: 10.1186/s12863-020-0832-y
18. Mahmoudi P, Rashidi A. Strong evidence for association between K232A polymorphism of the *DGAT1* gene and milk fat and protein contents: A meta-analysis. *J Dairy Sci*. 2023;106(4):2573-2587. doi: 10.3168/jds.2022-22315
19. 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
20. Miroshnikov S, Zavyalov O, Frolov A, Sleptsov I, Sirazetdinov F, Poherukhin M. The content of toxic elements in hair of dairy cows as an indicator of productivity and elemental status of animals. *Environ Sci Pollut Res Int*. 2019;26(18):18554-18564. doi: 10.1007/s11356-019-05163-5
21. Perillo L, Arfuso F, Piccione G, Dara S, Tropia E, Cascone G, Licitra F, Monteverde V. Quantification of some heavy metals in hair of dairy cows housed in different areas from sicily as a bioindicator of environmental exposure—a preliminary study. *Animals*. 2021;11(8):2268. doi: <https://doi.org/10.3390/ani11082268>
22. Samuel B, Dadi H, Dinka H. Effect of the *DGAT1* K232A mutation and breed on milk traits in cattle populations of Ethiopia. *Front Anim Sci*. 2023;4:1096706. doi: 10.3389/fanim.2023.1096706
23. Singh A, Malla WA, Kumar A, Jain A, Thakur MS, Khare V, Tiwari SP. Review: genetic background of milk fatty acid synthesis in bovines. *Trop Anim Health Prod*. 2023;55(5):328. doi: 10.1007/s11250-023-03754-6.
24. Sizova EA, Miroshnikov SA, Notova SV, Marshinskaya OV, Kazakova TV, Tinkov AA, Skalny AV. Serum and hair trace element and mineral levels in dairy cows in relation to daily milk yield. *Biol Trace Elem Res*. 2022;200(6):2709-2715. doi: 10.1007/s12011-021-02878-w

25. Tumino S, Criscione A, Moltisanti V, Marletta D, Bordonaro S, Avondo M, Valenti B. Feeding system resizes the effects of *DGAT1* polymorphism on milk traits and fatty acids composition in Modicana cows. *Animals* (Basel). 2021;11(6):1616. doi: 10.3390/ani11061616
26. Valenti B, Criscione A, Moltisanti V, Bordonaro S, De Angelis A, Marletta D, Di Paola F, Avondo M. Genetic polymorphisms at candidate genes affecting fat content and fatty acid composition in Modicana cows: effects on milk production traits in different feeding systems. *Animal*. 2019;13(6):1332-1340. doi: 10.1017/S1751731118002604
27. Van Emon M, Sanford C, McCoski S. Impacts of bovine trace mineral supplementation on maternal and offspring production and health. *Animals* (Basel). 2020;10(12):2404. doi: 10.3390/ani10122404
28. Vieira-Neto A, Lean IJ, Santos JEP. Periparturient mineral metabolism: implications to health and productivity. *Animals* (Basel). 2024;14(8):1232. doi: 10.3390/ani14081232
29. Wang Z, She X. Potential value of epistatic traits and milk production-related genes for screening high-yielding cows. *China Dairy*. 2023;4:51-56. doi: 10.12377/1671-4393.23.04.07
30. Zhang X, Wang Z, Shah AM, Hassan MF, Peng Q, Hu R, Zou H, Wang C, Xue B, Wang L and Jiang Y. Production performance, metabolic profile and calcium-regulating hormones of transition dairy cows with different blood calcium status after parturition. *Pak Vet J*. 2020;40(1):19-24. <http://dx.doi.org/10.29261/pakvetj/2019.085>

Информация об авторах:

Екатерина Ивановна Тарасова, младший научный сотрудник 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.

Валентина Сергеевна Полякова, лаборант-исследователь 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.

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.

Information about the authors:

Ekaterina I Tarasova, Junior Researcher at 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.

Valentina S Polyakova, Laboratory Researcher 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.

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.

Статья поступила в редакцию 25.06.2024; одобрена после рецензирования 12.08.2024; принята к публикации 09.09.2024.

The article was submitted 25.06.2024; approved after reviewing 12.08.2024; accepted for publication 09.09.2024.

Животноводство и кормопроизводство. 2024. Т. 107, № 3. С. 25-35.
Animal Husbandry and Fodder Production. 2024. Vol. 107, no 3. P. 25-35.

РАЗВЕДЕНИЕ, СЕЛЕКЦИЯ, ГЕНЕТИКА

Научная статья
УДК: 636.08(574.1)
doi:10.33284/2658-3135-107-3-25

Оценка бычков на основе их собственной продуктивности как передовой подход к повышению производственных характеристик мясного скота

Едиге Гапуевич Насамбаев¹, Рузия Фоатовна Третьякова², Михаил Сергеевич Винс³,
Файзулло Сафарович Амиршоев⁴

¹Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана, Уральск,
Республика Казахстан

²³Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, Оренбург, Россия

⁴Таджикская академия сельскохозяйственных наук, Душанбе, Республика Таджикистан

¹Nasambaeve@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0995-7832>

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

³vins.miki@bk.ru, <https://orcid.org/0009-0005-8030-9845>

⁴afaizullo64@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8009-8057>

Аннотация. В статье представлены выводы испытаний бычков казахской белоголовой породы по собственной продуктивности, проведенные в хозяйстве "Айсулу" (ТОО "Анкатинский", Западно-Казахстанская область). Результаты показали, что увеличение размеров бычков коррелирует с увеличением их живой массы на протяжении всего периода роста. Анализируя динамику внешних характеристик бычков, отмечается, что молодняк в молодом возрасте в значительной степени соответствует мясному типу крупного рогатого скота. Исследование интенсивности роста проводилось на основе ежемесячного индивидуального взвешивания бычков, выращенных в одинаковых условиях содержания и кормления. Результаты взвешивания позволили определить показатели продуктивности молодняка, такие как живая масса и среднесуточный прирост. Потребление кормов бычками учитывалось для всего испытываемого стада, а их поедаемость определялась ежемесячно за два смежных дня путём взвешивания заданного количества корма и остатков. Классификационные и индексные оценки бычков в возрасте от 8 до 12 месяцев и от 12 до 15 месяцев свидетельствуют о росте количества животных с высоким комплексным классом, преимущественно благодаря высоким показателям живой массы и мясным формам. Результаты классификационной оценки на различных этапах возраста (до 12 месяцев и до 15 месяцев) не совпадают, что указывает на разные характеристики бычков на этих этапах. Следовательно, оценка племенной ценности бычка на основе классификационной оценки в раннем возрасте, а именно в 12-месячном, может быть недостоверной.

Ключевые слова: крупный рогатый скот, бычки, живая масса, промеры, индексы телосложения, приросты, экстерьер, мясные формы, отбор, подбор

Для цитирования: Оценка бычков на основе их собственной продуктивности как передовой подход к повышению производственных характеристик мясного скота / Е.Г. Насамбаев, Р.Ф. Третьякова, М.С. Винс, Ф.С. Амиршоев // Животноводство и кормопроизводство. 2024. Т. 107, № 3. С. 25-35. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-107-3-25>

BREEDING, SELECTION, GENETICS

Original article

Assessment of bulls according to their own performance as a best approach to improving the performance characteristics of beef cattle

Edige G Nasambaev¹, Ruzia F Tretyakova², Mikhail S Vins³, Faisulo S Amirshoev⁴

¹West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir Khan, Uralsk, Republic of Kazakhstan

²³Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia

⁴Tajik Academy of Agricultural Sciences, Dushanbe, Republic of Tajikistan

¹Nasambaev@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0995-7832>

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

³vins.miki@bk.ru, <https://orcid.org/0009-0005-8030-9845>

⁴afaizullo64@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8009-8057>

Abstract. The article presents the conclusions of tests of the Kazakh white-headed bulls on their own productivity, carried out on the Aisulu farm (Ankatinsky LLP, West Kazakhstan region). The results showed that the increase in the size of calves correlates with an increase in their live weight throughout the entire growing period. Analyzing the exterior dynamics of bulls, it is noted that young animals at a young age largely correspond to the beef type of cattle. The study of growth intensity was carried out on the basis of monthly individual weighing of bulls raised under the same housing and feeding conditions. The weighing results made it possible to determine the productivity indicators of young animals, such as live weight and average daily gain. The feed consumption of bulls was taken into account for the entire test herd, and their consumption was determined monthly for two adjacent days by weighing a given amount of feed and residues. Classification and index assessments of bulls aged from 8 to 12 months and from 12 to 15 months indicate an increase in the number of animals with a high complex class, mainly due to high live weight and meat forms. The results of the classification assessment at different stages of age (up to 12 months and up to 15 months) do not coincide, which indicates different characteristics of bulls at these stages. Therefore, assessing the breeding value of a bull based on a classification assessment at an early age, namely at 12 months, may be unreliable.

Keywords: cattle, bulls, live weight, measurements, conformation indices, gains, exterior, meat forms, selection

For citation: Nasambayev EG, Tretyakova RF, Vince MS, Amirshoev FS. Assessment of bulls according to their own performance as a best approach to improving the performance characteristics of beef cattle. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2024;107(3):25-35. (In Russ.). <https://doi.org/10.33284/2658-3135-107-3-25>

Введение.

Животноводство всегда было одной из главных и традиционных сфер в сельском хозяйстве Казахстана, играющей ключевую роль в обеспечении страны продовольствием. Потребление продукции животноводства является важным показателем экономического уровня населения, поэтому особое внимание следует уделять развитию сельского хозяйства, в том числе и мясного скотоводства (Джуламанов К.М. и Герасимов Н.П., 2020; Дунин И.М. и др., 2020; Хайнацкий В.Ю., 2019; Хайруллина Н.И. и др., 2020).

Казахская белоголовая порода скота характеризуется своей неприхотливостью и уникальным генетическим потенциалом. В связи с этим важно сохранять и развивать чистокровное разведение этой породы в качестве основного метода в селекционно-племенной работе в различных хозяйствах, где есть ценный генетический материал (Герасимов Р.П., 2022; Герасимов Н.П. и Джуламанов К.М., 2020; Даниленко О.В. и Тамаровский М.В., 2017; Шишкина Т.В. и Гусева Т.А., 2020).

Следовательно, дальнейшее перспективное развитие мясного скотоводства, направленное на улучшение хозяйственно-полезных характеристик казахской белоголовой породы, имеет как научное, так и практическое значение (Гумеров М.Б. и др., 2020; Масленников Е.С., 2020).

Цель исследований.

Провести анализ внешних особенностей, а также изучить процесс роста и развития бычков казахской белоголовой породы в рамках экспериментов по оценке их индивидуальной продуктивности.

Материалы и методы исследований.

Объект исследования. Бычки породы казахской белоголовой крупного рогатого скота из хозяйства "Айсулу" Западно-Казахстанской 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.). При проведении исследований были предприняты меры для обеспечения минимума страданий животных и уменьшения количества исследуемых опытных образцов.

Схема эксперимента. В ходе эксперимента была проведена селекция 29 особей молодых бычков, достигших 18-месячного возраста. В состав группы вошли молодые быки, рождённые преимущественно в весенний период, включая апрельские и майские дни. Молодые особи до 6-7-месячного возраста находились в условиях полноценного вскармливания, оставаясь под присмотром и уходом своих матерей. После отъёма всех бычков у матерей они были перемещены на испытательную станцию в специально оборудованные секции, оснащённые индивидуальными клетками, где проводилось контрольное кормление. К территории испытательной станции прилегал выгульный двор, где производилось кормление и поение молодых бычков. Молодых бычков приучали к потреблению корма до достижения 8-месячного возраста, что являлось частью адаптационного периода во время испытаний.

В процессе выращивания бычков учитывали все параметры оценки (индексной и классной) качества и эффективности: живую массу каждого бычка, среднесуточный прирост живой массы в возрасте с 8 до 12, с 12 до 15 и с 8 до 15 месяцев; объём потреблённых кормов, осуществляемый путём ежемесячного взвешивания кормов перед кормлением и остатков после употребления; а также оценку уровня развития мясных форм в возрасте 12 и 15 месяцев по 60-балльной шкале. Для изучения экстерьерных особенностей бычков 8-, 12- и 15-месячного возраста были взяты промеры и по ним вычислены индексы телосложения.

С использованием этих данных анализировались комплексный ранг и комплексный показатель для оценки генетической ценности бычков на основе установленных параметров.

Оборудование и технические средства. Измерения экстерьерных параметров производились с использованием измерительной палки, ленты и циркуля. Для определения живой массы животных применялись электронные весы «ВСП4-Ж» (Россия).

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.

Конституционно-экстерьерные особенности типа телосложения у животных мясных пород играют важную роль в селекционно-племенной деятельности. На формирование внешних особенностей животных казахской белоголовой породы влияют разнообразные факторы, такие как генетическое разнообразие, направление отбора, использование животных с разным генотипом в поголовье, условия кормления и другие факторы.

Отмечается, что скот в стаде хозяйства «Айсулу» характеризуется выраженными мясными формами телосложения, включая широкое и глубокое туловище с развитой мускулатурой,

массивные стати задней трети туловища и мощную переднюю часть с развитым подгрудком, что характеризует его как мясной тип. Отбор, подбор, а также природно-климатические условия, оптимальное кормление и содержание способствовали формированию животных с прочной конституцией, хорошо приспособленных к резко континентальному и засушливому климату Западного Казахстана.

Во время испытаний бычков по собственной продуктивности были определены экстерьерные особенности молодняка по основным измерениям, промерам (рис. 1) и индексам телосложения (рис. 2).

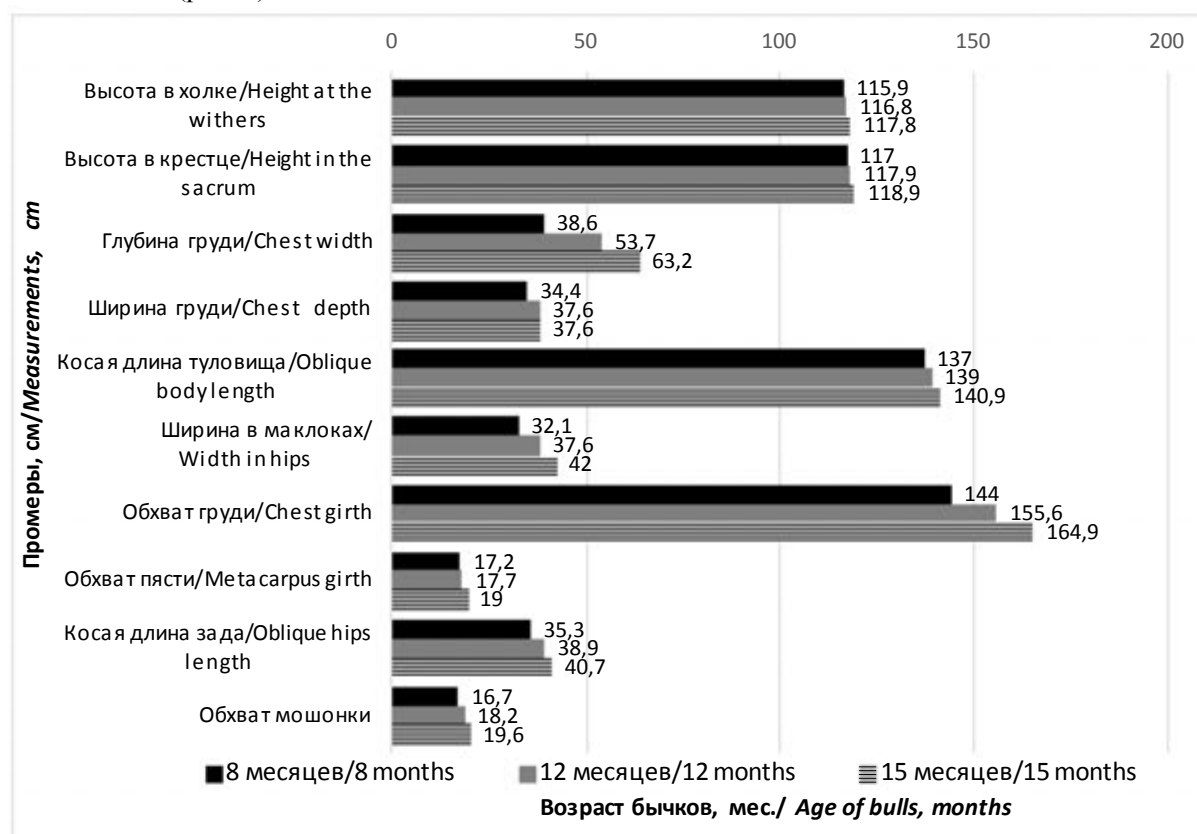


Рисунок 1. Промеры бычков казахской белоголовой породы, см

Figure 1. Measurements of bulls of the Kazakh white-headed breed, cm

Отметим, что со временем форма и размеры тел бычков казахской белоголовой породы подвергались изменениям под влиянием кормления, генетических факторов и окружающей среды. Рост анатомических параметров бычков возрастал пропорционально увеличению их живой массы на протяжении всего периода роста. Анализ динамики анатомических параметров показал, что молодняк в более раннем возрасте имел телосложение, относящееся к мясному типу крупного рогатого скота.

Индексы телосложения отражают более выраженные мясные формы. С возрастом у животных наблюдались изменения во всех изучаемых индексах. Например, с возрастом уменьшался индекс высоконогости, а индексы сбитости, костистости и растянутости, наоборот, увеличивались. Эти изменения связаны с различной скоростью роста осевых и периферийных частей скелета. Бычки характеризовались широким, глубоким и растянутым телом, хорошо развитой грудной и задней частью тела, а также были высокорослыми, что соответствует современным требованиям к мясному скоту.

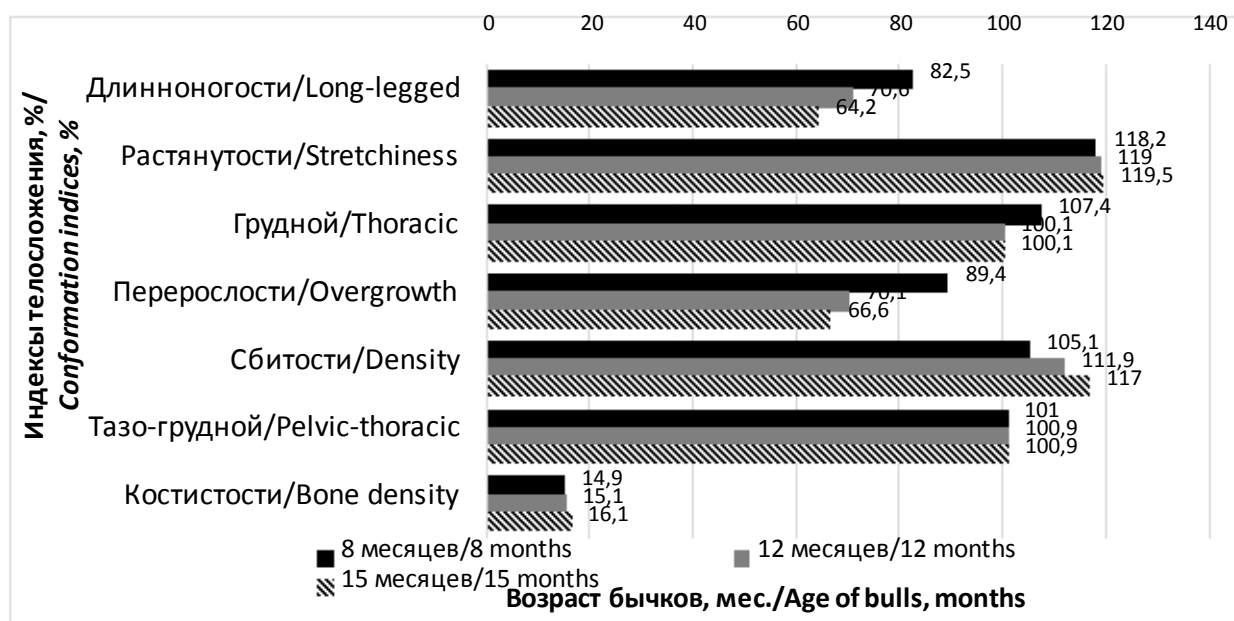


Рисунок 2. Индексы телосложения бычков казахской белоголовой породы, %

Figure 2. Body composition indices of Kazakh white-headed bulls, %

Изучение возрастной динамики живой массы и среднесуточного прироста играет важную роль в селекционной работе. Высокая изменчивость этих параметров позволяет выявлять наиболее продуктивных бычков и эффективно проводить селекцию по скорости роста. Данные о возрастной динамике живой массы и среднесуточного прироста бычков во время их испытаний по собственной продуктивности представлены в рисунках 3 и 4.

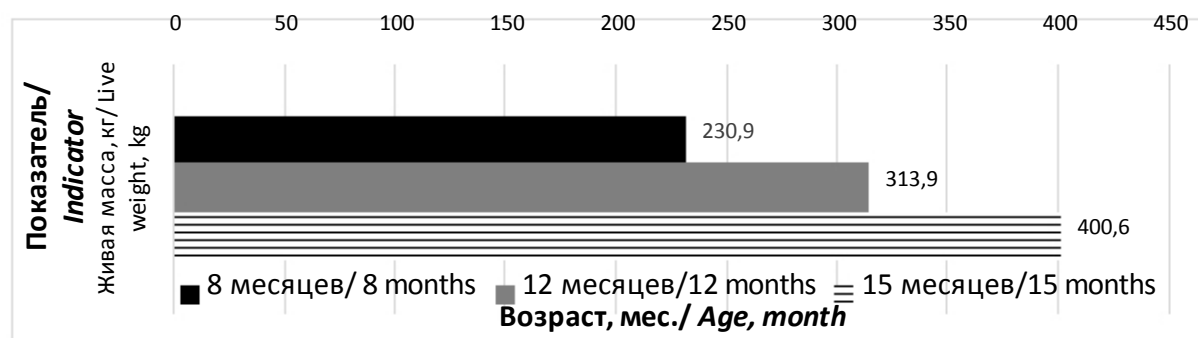


Рисунок 3. Динамика живой массы бычков казахской белоголовой породы, кг

Figure 3. Dynamics of live weight of bulls of the Kazakh white-headed breed, kg

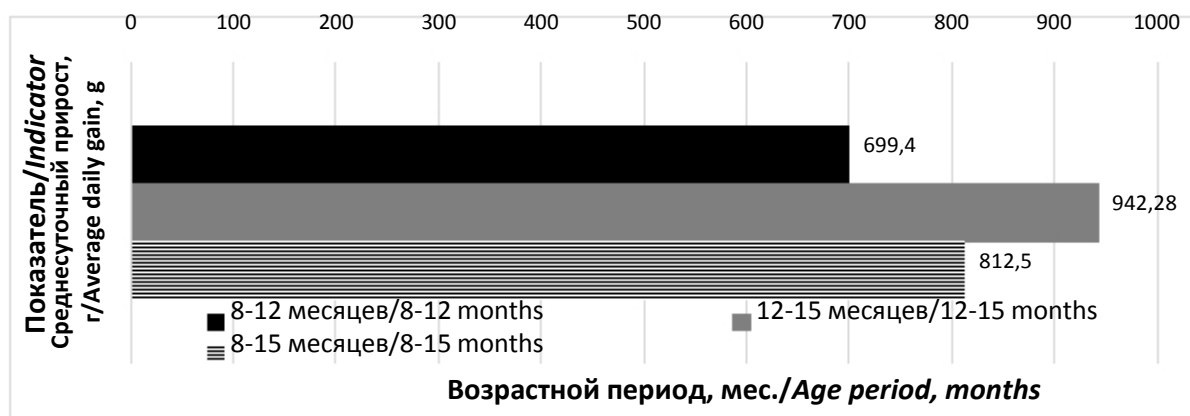


Рисунок 4. Динамика среднесуточного прироста бычков казахской белоголовой породы, г
Figure 4. Dynamics of average daily growth of bulls of the Kazakh white-headed breed, g

По данным рисунков 3 и 4 живая масса бычков превышала стандарт породы на 20 кг в возрасте 8 месяцев, на 13,9 кг – в 12 месяцев и на 35,6 кг – в 15 месяцев, при этом наибольшая изменчивость наблюдалась в 8-месячном возрасте.

Исследования показали, что при средней живой массе 400,6 кг в возрасте 15 месяцев и стандартном отклонении 2,4 кг границы данного показателя составляли от 398 до 403 кг, что соответствовало 10,3 % всех животных. В возрасте 12 месяцев при средней живой массе 313,9 кг и стандартном отклонении 17,79 кг границы составляли от 296 до 332 кг, что покрывало 72,4 % всех животных. В 8 месяцев средняя живая масса составляла 230 кг, а стандартное отклонение – 18 кг, границы показателя варьировались от 212 до 248 кг, что включало 69,0 % всех животных.

Этот пример демонстрирует нормальное распределение генетического материала. Животные, не попавшие в указанный интервал, исследовавшиеся в возрасте 15 месяцев и получившие минимальные показатели (13 голов), имели среднюю живую массу $389,90 \pm 1,6$ кг; в 12 месяцев (3 головы) – 295,90 кг; в 8 месяцев (5 голов) – $210,90 \pm 0,44$ кг. Животные, не попавшие в интервал $\bar{X} \pm S_x$, но с максимальными показателями живой массы в 15 месяцев (10 голов), имели среднюю живую массу $412 \pm 1,83$ кг; в 12 месяцев (5 голов) – $347,4 \pm 4,10$ кг.

Изучение динамики среднесуточного прироста показало, что он был в период с 8 по 12 месяцев (699,4 г), это указывает на влияние фактора адаптации после отъема от матерей в возрасте от 8 до 12 месяцев, после чего интенсивность роста увеличивается в силу компенсации. Среднесуточный прирост в период испытаний с 8 до 15 месяцев (812,5 г) в значительной степени зависит от уровня кормления.

Было установлено, что среди всех селекционных признаков наибольшей изменчивостью характеризуется среднесуточный прирост ($C_v=5,99-11,26$), что делает его потенциально полезным критерием отбора. Эффективность селекции во многом зависит от интенсивности отбора. Так, при отборе 10 % лучших бычков в КХ «Айсулу» с использованием комплексных селекционных индексов селекционный дифференциал составил: для живой массы в 15 месяцев – $S_d=9,7$ кг, для среднесуточного прироста – 74,8 г, для затрат на кормление – 0,85 к. ед., для мясных форм – 2,5 балла.

Интерес в селекционно-племенной работе представляет определение относительной скорости роста и коэффициента увеличения живой массы в различных возрастных группах (табл. 1).

Наиболее высокая скорость роста и коэффициент увеличения были замечены в период с 8 до 15 месяцев, что соответствует динамике изменения живой массы бычков. В рационе были использованы местные корма, дозировка которых изменялась в зависимости от возраста и массы бычков. Результаты классификационной и индексной оценок были различными как в период с 8 до 12 месяцев, так и с 8 до 15 месяцев.

Таблица 1. Относительная скорость роста и коэффициент увеличения живой массы бычков казахской белоголовой породы, %

Table 1. Relative growth rate and live weight increase in of bulls of the Kazakh white-headed breed, %

Наименование / Index	Возраст, мес./ Age, month					
	8-12	12-15	8-15	8	12	15
Относительная скорость роста / Relative growth rate	31,0	24,0	50,0	-	-	-
Коэффициенты увеличения живой массы / Live weight increase	-	-	-	10,3	14,1	18,0

Процентное соотношение бычков с классом «элита» составило всего 3,4 %, 34,5 % – с классом 1 и 62,1 % – с классом 2. Большое количество бычков во 2 классе обусловлено низким среднесуточным приростом (699,4 г) и высокими затратами корма на единицу прироста массы (9,72 кормовых единицы). В 12 месяцев 75,9 % бычков превышали стандарт породы по массе.

Ситуация с индексной оценкой была иной. Процент бычков с индексом выше 100 составил 55,17 %, остальные (44,83 %) имели индекс ниже 100, что указывает на увеличение числа животных с высоким индексом по сравнению с числом животных с высоким классом. Отмечено, что 37,93 % бычков с классом «элита» и 1 класс имели индекс выше 100, в то время как 17,24 % бычков с классом 2 имели индекс выше 100. Полученные данные свидетельствуют о несовпадении классификационной и индексной оценок. Таким образом, использование только классификационной оценки для определения племенной ценности бычка может быть необоснованным.

Сравнение показателей племенной ценности бычков при испытании их по собственной продуктивности до 15 месяцев показало, что доля бычков с классом «элита-рекорд» значительно выросла по сравнению с испытаниями до 12 месяцев, в то время как доля бычков с 1 классом осталась на прежнем уровне, а бычков 2 класса не было. Эти данные указывают на увеличение числа бычков с высоким классом, в основном за счёт высоких показателей массы и мясных форм. Следовательно, результаты классификационной оценки бычков до 12 и 15 месяцев не совпали и различались.

Другие показатели племенной ценности бычков при испытании по собственной продуктивности до 15 месяцев можно увидеть по данным комплексного селекционного индекса. В период с 8 до 15 месяцев 44,83 % бычков с высоким классом (элита-рекорд, элита, 1 класс) имели индекс выше 100. В то же время 55,17 % бычков, включая тех, у кого были класс «элита» (20,69 %) и 1 класс (34,48 %), имели индекс ниже 100. Высокие значения комплексного селекционного индекса в основном связаны с массой и мясными формами бычков в 15 месяцев, и с возрастом улучшаются.

Обсуждение полученных результатов.

Ряд учёных считает, что одним из наиболее действенных методов в работе по селекции и племенному разведению, направленным на улучшение генетического потенциала продуктивности скота мясных пород, является проведение испытаний и отбора бычков по их собственной продуктивности. Особое внимание уделяется селекции скота с учётом скорости роста, что подтверждается успешными результатами по всему миру (Герасимов Н.П., 2019; Каюмов Ф.Г. и Третьякова Р.Ф., 2020б; Насамбаев Е.Г. и др., 2023).

В проведённых ранее исследованиях учёные доказали, что оценку племенной ценности бычков по собственной продуктивности необходимо проводить до 15-месячного возраста (Амерханов Х.А. и др., 2013; Джуламанов К.М. и др., 2018; Каюмов Ф.Г. и Третьякова Р.Ф., 2020а; Кадышева М.Д. и Тюлебаев С.Д., 2020).

В нашем же исследовании в условиях Западно-Казахстанской области при испытании бычков по собственной продуктивности среднесуточный прирост в период с 8 по 12 месяцев составил 699,4 г, с 8 до 15 месяцев – 812,5 г.

Сравнивая показатели племенной ценности молодняка в период с 8- до 15-месячного возраста было установлено, что численность животных с комплексным классом «элита-рекорд» значительно увеличилась, чем при испытании за период с 8- до 12- месячного возраста, доля бычков 1 класса осталась на прежнем уровне, а бычков 2 класса не было выявлено. Следовательно, результаты классных оценок при испытании животных по собственной продуктивности за период 8-12 месяцев и 8-15 месяцев оказались разными, что даёт основание неправильно судить о племенной ценности бычков за период 8-12 месяцев.

Список источников

1. Герасимов Р.П. Взаимосвязь показателей племенной ценности и мясной продуктивности у бычков казахской белоголовой породы // Животноводство и кормопроизводство. 2022. Т. 105. № 2. С. 28-36. [Gerasimov RP. The relationship between indicators of breeding value and meat productivity in Kazakh White-Headed bull-calves. Animal Husbandry and Fodder Production. 2022;105(2):28-36. (In Russ.)]. doi: 10.33284/2658-3135-105-2-28
2. Даниленко О.В., Тамаровский М.В. Разведение племенного аулиекольского скота в Казахстане // Аграрная наука. 2017. № 4. С. 21-24. [Danilenko OV, Tamarovsky MV. Breeding auliekolsky cattle in Kazakhstan. Agrarian Science. 2017;4:21-24. (In Russ.)].
3. Герасимов Н.П. Реализация генетического потенциала быков-производителей в герефордских стадах разной племенной ценности // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова. 2019. № 3(56). С. 67-73. [Gerasimov N. Genetic potential of artificial insemination sires in Hereford herds with different breeding value. Vestnik of Buryat State Academy of Agriculture named after V. Philippov. 2019;3(56):67-73. (In Russ.)]. doi: 10.34655/bgsha.2019.56.3.010
4. Герасимов Н.П., Джуламанов К.М. Племенная оценка и отбор герефордских бычков для селекции // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова. 2020. № 1(58). С. 39-45. [Gerasimov N, Dzhulamanov K. Breeding value estimation and selection of Hereford bull-calves. Vestnik of Buryat State Academy of Agriculture named after V. Philippov. 2020;1(58):39-45. (In Russ.)]. doi: 10.34655/bgsha.2020.58.1.006
5. Джуламанов К.М., Герасимов Н.П. Формирование мясной продуктивности герефордских бычков разных типов телосложения во взаимосвязи с факторами внешней среды // Животноводство и кормопроизводство. 2020. Т. 103. № 2. С. 57-67. [Dzhulamanov KM, Gerasimov NP. The formation of meat productivity of Hereford bulls of different body types in conjunction with environmental factors. Animal Husbandry and Fodder Production. 2020;103(2):57-67. (In Russ.)]. doi: 10.33284/2658-3135-103-2-57
6. Испытание бычков по собственной продуктивности как метод совершенствования селекционно-племенной работы с мясными породами скота / Е.Г. Насамбаев, А.Б. Ахметалиева, А.Е. Нугманова, А.И. Кузьмина, С.Н. Шушаков // Наука и образование. 2023. № 1-2(70). С. 43-56. [Nassambayev E, Akhmetalieva AB, Nugmanova AE, Kuzmin AI, Shushakov SN. Testing of bulls by their own productivity as a method of improving breeding work with meat breeds of cattle. Science and Education. 2023;1-2(70):43-56. (In Russ.)]. doi: 10.56339/2305-9397-2023-1-2-43-56
7. Кадышева М.Д., Тюлебаев С.Д. Особенности приращения живой массы потомков быков-производителей как продолжателей создаваемых линий // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2020. № 6(86). С. 270-275. [Kadysheva MD, Tyulebaev SD. Features of the increase in live weight of the offspring of sire bulls as successors of the created lines. Izvestia Orenburg State Agrarian University. 2020;6(86):270-275. (In Russ.)]. doi: 10.37670/2073-0853-2020-86-6-270-275

8. Каюмов Ф.Г., Третьякова Р.Ф. Результаты оценки быков-производителей абердин-ангусской породы по качеству потомства, выделение родоначальников новых линий // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2020а. № 4(84). С. 273-277. [Kayumov FG, Tretyakova RF. The results of the Aberdeen-Angus sires assessment by the quality of their offspring and identification of the new pedigree lines. Izvestia Orenburg State Agrarian University. 2020a;4(84):273-277. (*In Russ.*)]. doi: 10.37670/2073-0853-2020-84-4-273-277
9. Каюмов Ф.Г., Третьякова Р.Ф. Селекционно-генетические параметры продуктивности молодняка разных генотипов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2020б. № 3(83). С. 301-303. [Kayumov FG, Tretyakova RF. Selection and genetic performance parameters of young cattle with different genotypes. Izvestia Orenburg State Agrarian University. 2020b;3(83):301-303. (*In Russ.*)]. doi: 10.37670/2073-0853-2020-83-3-301-304
10. Масленникова Е.С. Эффективность использования быков, оцененных по качеству потомства и геному, в хозяйствах Ленинградской области // Молочное и мясное скотоводство. 2020. № 6. С.12-17. [Maslennikova ES. Efficiency of using bulls evaluated by the quality of offspring and genome in farms of the Leningrad region. Dairy and Beef Cattle Farming. 2020;6:12-17. (*In Russ.*)]. doi: 10.33943/MMS.2020.25.76.003
11. 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. Glavnyj zootekhnik. 2020;3:9-15. (*In Russ.*)]. doi: 10.33920/sel-03-2003-02
12. Племенная ценность быков герефордской породы / К.М. Джуламанов, М.П. Дубовскова, Н.П. Герасимов, С.А. Ворожейкина, Д.К. Найманов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2018. № 6(74). С. 191-194. [Dzhulamanov KM, Dubovskova MP, Gerasimov NP, Vorozheikina SA, Naimanov DK. Breeding value of Hereford bulls. Izvestia Orenburg State Agrarian University. 2018;6(74):191-194. (*In Russ.*)].
13. Порядок и условия оценки быков-производителей мясных пород по собственной продуктивности и качеству потомства / Х.А. Амерханов и др. М., 2013. 28 с. [Amerhanov HA et al. Porjadok i usloviya ocenki bykov-proizvoditelej mjasnyh porod po sobstvennoj produktivnosti i kachestvu potomstva. Moscow; 2013:28 p. (*In Russ.*)].
14. Состояние мясного скотоводства в Российской Федерации: реалии и перспективы / И.М. Дунин, С.Е. Тяпугин, Р.К. Мешеров, 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, Meshcheroev 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
15. Хайнацкий В.Ю. Собственная продуктивность как критерий оценки племенной ценности быков в мясном скотоводстве // Животноводство и кормопроизводство. 2019. Т. 102. № 1. С. 112-120. [Khaynatsky VYu. Own productivity as breeding value evaluation criterion of beef bulls. Animal Husbandry and Fodder Production. 2019;102(1):112-120. (*In Russ.*)]. doi: 10.33284/2658-3135-102-1-112
16. Шишкина Т.В., Гусева Т.А. Оценка быков-производителей по качеству потомства // Нива Поволжья. 2020. № 3(56). С. 80-86. [Shishkina TV, Guseva TA. The assessment of servicing bulls by the offspring quality. Niva Povolzhya. 2020;3(56):80-86. (*In Russ.*)]. doi: 10.36461/NP.2020.56.3.010
17. Эффективность использования генетического потенциала быков-производителей различных линий // Н.И. Хайруллина, Н.Г. Фенченко, Д.Х. Шамсутдинов, Ф.М. Шагалиев // Молочное и мясное скотоводство. 2020. № 6. С. 24-26. [Khairullina NI, Fenchenko NG, Shamsutdinov DKh, Shagaliyev FM. Efficiency of the use of genetic potential of seed bulls from various lines. Dairy and Beef Cattle Farming. 2020;6:24-26. (*In Russ.*)]. doi: 10.33943/MMS.2020.92.66.005

References

1. Gerasimov RP. The relationship between indicators of breeding value and meat productivity in Kazakh White-Headed bull-calves. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2022;105(2):28-36. doi: 10.33284/2658-3135-105-2-28
2. Danilenko OV, Tamarovsky MV. Breeding auliekolsky cattle in Kazakhstan. *Agrarian Science*. 2017;4:21-24.
3. Gerasimov N. Genetical potential of artificial insemination sires in Hereford herds with different breeding value. *Vestnik of Buryat State Academy of Agriculture named after V. Philippov*. 2019;3(56):67-73. doi: 10.34655/bgsha.2019.56.3.010
4. Gerasimov N, Dzhulamanov K. Breeding value estimation and selection of Hereford bull-calves. *Vestnik of Buryat State Academy of Agriculture named after V. Philippov*. 2020;1(58):39-45. doi: 10.34655/bgsha.2020.58.1.006
5. Dzhulamanov KM, Gerasimov NP. The formation of meat productivity of Hereford bulls of different body types in conjunction with environmental factors. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2020;103(2):57-67. doi: 10.33284/2658-3135-103-2-57
6. Nassambayev E, Akhmetalieva AB, Nugmanova AE, Kuzmin AI, Shushakov SN. Testing of bulls by their own productivity as a method of improving breeding work with meat breeds of cattle. *Science and Education*. 2023;1-2(70):43-56. doi: 10.56339/2305-9397-2023-1-2-43-56
7. Kadysheva MD, Tyulebaev SD. Features of the increase in live weight of the offspring of sire bulls as successors of the created lines. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2020;6(86):270-275. doi: 10.37670/2073-0853-2020-86-6-270-275
8. Kayumov FG, Tretyakova RF. The results of the Aberdeen-Angus sires assessment by the quality of their offspring and identification of the new pedigree lines. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2020a;4(84):273-277. doi: 10.37670/2073-0853-2020-84-4-273-277
9. Kayumov FG, Tretyakova RF. Selection and genetic performance parameters of young cattle with different genotypes. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2020b;3(83):301-303. doi: 10.37670/2073-0853-2020-83-3-301-304
10. Maslennikova ES. Efficiency of using bulls evaluated by the quality of offspring and genome in farms of the Leningrad region. *Dairy and Beef Cattle Farming*. 2020;6:12-17. doi: 10.33943/MMS.2020.25.76.003
11. 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
12. Dzhulamanov KM, Dubovskova MP, Gerasimov NP, Vorozheikina SA, Naimanov DK. Breeding value of Hereford bulls. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2018;6(74):191-194.
13. Amerhanov HA et al. Order and conditions for sire evaluation by progeny performance. *Moscow*; 2013:28 p.
14. 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. doi: 10.33943/MMS.2020.40.30.001
15. Khaynatsky VYu. Own productivity as breeding value evaluation criterion of beef bulls. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2019;102(1):112-120. doi: 10.33284/2658-3135-102-1-112
16. Shishkina TV, Guseva TA. The assessment of servicing bulls by the offspring quality. *Volga Region Farmland*. 2020;3(56):80-86. doi: 10.36461/NP.2020.56.3.010
17. Khairullina NI, Fenchenko NG, Shamsutdinov DKh, Shagaliev FM. Efficiency of the use of genetic potential of seed bulls from various lines. *Dairy and Beef Cattle Farming*. 2020;6:24-26. doi: 10.33943/MMS.2020.92.66.005

Информация об авторах:

Едиге Гапуевич Насамбаев, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана, 090009, Республика Казахстан, г. Уральск, ул. Жангир хана, 51, тел.: 8-777-468-23-67.

Рузия Фоатовна Третьякова, кандидат биологических наук, научный сотрудник селекционно-генетического центра по мясным породам скота, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий РАН, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29, тел.: 8(3532)30-81-74.

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.

Файзулло Сафарович Амиршоев, доктор биологических наук, профессор, член-корреспондент Таджикской академии сельскохозяйственных наук, вице-президент Таджикской академии сельскохозяйственных наук, 734025, Республика Таджикистан, г. Душанбе, проспект Рудакки 21 "А", тел.: 810992372310607.

Information about the authors:

Edige G Nasambaev, Dr. Sci. (Agriculture), Professor, West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir Khan, 51 Zhangir Khan St., Uralsk, Republic of Kazakhstan, 090009, tel.: 8-777-468-23-67.

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.

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.

Faisulo S Amirshoev, Dr. Sci. (Biology), Professor, Corresponding Member of the Tajik Academy of Agricultural Sciences, Vice-President of the Tajik Academy of Agricultural Sciences, 21 "A", Rudaki Avenue, Republic of Tajikistan, Dushanbe, 734025, tel.: 810992372310607.

Статья поступила в редакцию 04.04.2024; одобрена после рецензирования 06.06.2024; принята к публикации 09.09.2024.

The article was submitted 04.04.2024; approved after reviewing 06.06.2024; accepted for publication 09.09.2024.

Животноводство и кормопроизводство. 2024. Т. 107, № 3. С. 36-46.
Animal Husbandry and Fodder Production. 2024. Vol. 107, no 3. P. 36-46.

Научная статья

УДК 636.082

doi:10.33284/2658-3135-107-3-36

Определение племенной ценности абердин-ангусского скота Российской Федерации по Методике Евразийского экономического союза

**Иван Михайлович Дунин¹, Александр Александрович Герасимов²,
Светлана Вячеславовна Никитина³, Екатерина Александровна Матвеева⁴**

^{1,2,3,4}Всероссийский научно-исследовательский институт племенного дела, Московская область, Лесные Поляны, Россия

¹vniiplem@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4310-9551>

²aag77@inbox.ru, <https://orcid.org/0009-0002-6477-1800>

³niksvt@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0007-4364-3902>

⁴ek_matveeva@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0006-9937-8880>

Аннотация. В статье приведены результаты исследований по апробации методики определения племенной ценности скота мясного направления продуктивности с использованием метода BLUP, разработанной для внедрения на территориях государств-членов Евразийского экономического союза. Оценка племенной ценности проводилась по наиболее многочисленной популяции мясного скота абердин-ангусской породы, разводимой в 32 племенных стадах 18 регионов Российской Федерации. Для оценки племенной ценности скота мясного направления продуктивности определена линейная биометрическая модель. Осуществлён расчёт индексов племенной ценности животных всех половозрастных групп оцениваемой популяции по собственной продуктивности, также коровы оценивались по молочности, быки-производители – по показателям живой массы телят при рождении, отёме, в годовалом возрасте и молочности дочерей. Определены средние значения показателей живой массы маточного и бычьего поголовья: при рождении – 25,4 кг и 27,3 кг соответственно, в возрасте 205 дней – 198,5 кг и 212,2 кг, в 365 дней – 302,8 кг и 339,1 кг, показатель молочности коров составил 210,8 кг. Коэффициенты наследуемости живой массы абердин-ангусского скота изученной популяции изменялись в зависимости от возраста: при рождении – 0,45, в 205 дней – 0,12, в 365 дней – 0,09, молочности – 0,13.

Ключевые слова: мясной скот, абердин-ангусская порода, метод blup, методика еэк, племенная ценность, живая масса, молочность, легкость отёла

Для цитирования: Определение племенной ценности абердин-ангусского скота Российской Федерации по Методике Евразийского экономического союза / И.М. Дунин, А.А. Герасимов, С.В. Никитина, Е.А. Матвеева // Животноводство и кормопроизводство. 2024. Т. 107, № 3. С. 36-46. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-107-3-36>

Original article

Estimation of breeding values of Aberdeen-Angus cattle in the Russian Federation according to the methodology of the Eurasian Economic Union

Ivan M Dunin¹, Alexander A Gerasimov², Svetlana V Nikitina³, Ekaterina A Matveeva⁴

^{1,2,3,4}All-Russian Scientific Research Institute of Breeding, Moscow region, Lesnye Polyany, Russia

¹vniiplem@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4310-9551>

²aag77@inbox.ru, <https://orcid.org/0009-0002-6477-1800>

³niksvt@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0007-4364-3902>

⁴ek_matveeva@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0006-9937-8880>

Abstract. The article presents the results of the research on the approval of the method of determining the breeding value of beef cattle using the BLUP method, developed for implementation in the

territories of the member states of the Eurasian Economic Union. Evaluation of breeding value was carried out on the most numerous population of beef cattle of Aberdeen-Angus breed, bred in 32 breeding herds in 18 regions of the Russian Federation. A linear biometric model was developed to estimate the breeding value of beef cattle. Calculation of breeding value indices of animals of all sex and age groups of the evaluated population was carried out by their own productivity, also cows were evaluated by milk yield, bulls - by live weight of calves at birth, weaning, at the age of one year and milk yield of daughters. The average values of live weight indices of mature and bullish herds were determined: at birth - 25.4 kg and 27.3 kg, at the age of 205 days - 198.5 kg and 212.2 kg, at 365 days - 302.8 kg and 339.1 kg, milk yield of cows was 210.8 kg. The heritability coefficients of live weight of Aberdeen-Angus cattle of the studied population varied depending on the age: at birth - 0.45, at 205 days - 0.12, at 365 days - 0.09, milkiness - 0.13.

Keywords: beef cattle, Aberdeen-Angus breed, BLUP method, EEK methodology, breeding value, live weight, milkiness yield, calving ease

For citation: Dunin IM, Gerasimov AA, Nikitina SV, Matveeva EA. Estimation of breeding values of Aberdeen-Angus cattle in the Russian Federation according to the methodology of the Eurasian Economic Union. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2024;107(3):36-46. (In Russ.). <https://doi.org/10.33284/2658-3135-107-3-36>

Введение.

Эффективность селекционно-племенной работы в значительной степени зависит от точности оценки племенной ценности животных, что требует использования современных методов, позволяющих с высокой долей достоверности определить генетический потенциал животных и прогнозировать продуктивные качества потомства. Повышение продуктивности животных достигается кропотливой селекционной работой, основанной на точном учёте фенотипических признаков и объективной их оценке (Хайнацкий В.Ю., 2021; Иванова И.П., 2024; Мамонтова А.И. и др., 2020).

Существующий порядок и условия проведения оценки (бонитировка) скота мясных пород в России сводятся к измерению фенотипических показателей продуктивности животных по селекционируемым признакам (Методика оценки..., 2020). Поскольку фенотип животного обусловлен его генотипом и условиями окружающей среды, то для объективной оценки генотипа необходимо максимально минимизировать или исключить влияние внешних факторов (Хайнацкий В.Ю., 2021; Кузнецов В.М., 2003; Амерханов Х.А. и Зиновьева Н.А., 2008).

Практический опыт стран с развитым мясным скотоводством свидетельствует, что наиболее точным и приемлемым для достижения целей селекции является метод индексной оценки, основанный на расчётах племенной ценности с использованием BLUP-процедуры (Кудинов А.А. и др., 2017; Харитонов С.Н. и др., 2019). Данный метод позволяет учитывать генетические факторы и нивелировать паратипические, оказывающие влияние на изменчивость изучаемых признаков.

Для гармонизации подходов и нормативной документации в сфере племенной деятельности государств-членов ЕАЭС 24 ноября 2020 г. Решением Коллегии Евразийской экономической комиссии принята единая методика оценки племенной ценности сельскохозяйственных животных в ключевых подотраслях животноводства, в том числе и в мясном скотоводстве, основанная на проведении BLUP-процедуры (Методика оценки..., 2020).

Цель исследования.

Провести апробацию утверждённой методики определения племенной ценности скота абердин-ангусской породы в России. Изучить возможность проведения централизованной оценки племенной ценности мясного скота на основе баз данных хозяйств Российской Федерации, предоставляемых в Головной информационно-селекционный центр (ГИСЦ) ФГБНУ ВНИИплем.

Материалы и методика исследований.

Объект исследования. Данные индивидуального учёта животных абердин-ангусской породы различных половозрастных групп, разводимых в племенных хозяйствах на территории России.

Материалом для исследований послужила информация, поступившая из баз данных первичного учёта с уровня «стада» ИАС «СЕЛЭКС»-Мясной скот» ООО «РЦ «ПЛИНОР», предоставленных в ГИСЦ ВНИИплем. Для апробации методики оценки племенной ценности была выбрана специализированная мясная абердин-ангусская порода как одна из наиболее распространённых в России и имеющая достаточно полную информацию по происхождению и оцениваемым признакам в предоставленных базах данных.

Схема исследования. Место проведения – лаборатория разведения скота мясных пород ФГБНУ ВНИИплем (Московская область, Лесные Поляны). Согласно методике ЕЭК, племенная ценность скота специализированных мясных пород определяется: у молодняка – по фактической живой массе при рождении и скорректированной на возраст 205 и 365 дней; у коров – по скорректированной живой массе на возраст 365 дней, лёгкости отёла, молочности; у быков-производителей – по лёгкости отёла дочерей, молочности дочерей, фактической живой массе потомков при рождении, скорректированной на возраст 205 и 365 дней.

В обработку взяты все поступившие в ГИСЦВНИИплем в 2020 году базы данных ИАС «СЕЛЭКС»-Мясной скот» племенных хозяйств России, занимающихся разведением скота абердин-ангусской породы. При формировании единого массива выгружались данные по происхождению, показателям продуктивности, воспроизводства и зоотехнических событий каждого зарегистрированного животного, включающие информацию об их предках и потомках.

Выгруженные данные первичного учёта анализировали по генеалогии, показателям продуктивности, а также наличию информации по факторам, влияющим на оценку животных. Из единого массива данных исключались некорректные записи, в том числе выходящие за предельно допустимые значения и записи с недостаточным количеством индивидуальных показателей. В результате количество отобранных для оценки животных абердин-ангусской породы сократилось на 68 % и составило 106207 голов 2005-2019 гг. рождения, принадлежащих 32 племенным хозяйствам 18 субъектов Российской Федерации.

На основе отобранных для оценки данных индивидуального учёта животных производился расчёт прогнозных значений племенной ценности и генетических параметров исследуемой популяции с помощью программ «BLUPF90».

Для расчёта племенной ценности животных по собственной живой массе была определена линейная биометрическая модель, включающая факторы стада, года и сезона, пола, номера отёла матери, аддитивный генетический эффект родителей и эффект неучтённых факторов. Для оценки молочности коров помимо эффекта «стадо-год-сезон» биометрическая модель включала количество потомков, по которому были рассчитаны: их живая масса в 205 дней, рандомизированный эффект влияния отца-производителя на изменчивость исследуемого показателя, аддитивный генетический эффект родителей и эффект неучтённых факторов.

Базовая модель BLUP AM для оценки селекционных показателей представляла следующий вид:

$$y_{ijkl} = \mu + A_i + YS_j + M_k + Pl + e_{ijkl} \quad (1), \text{ где}$$

y – селекционный показатель (живая масса молодняка при рождении, в 205 и 365 дней, живая масса потомков быка при рождении, в 205 и 365 дней, молочность матери, молочность дочерей быка);

μ – общая средняя по популяции (стаду), относительно которой производится оценка;

A – эффект аддитивной генетической ценности животного в соответствии с его родословной – прямыми и боковыми родственниками;

YS – эффект года-сезона – фиксированный эффект влияния на продуктивность комбинации факторов года отёла и сезона отёла (в модель включены 2 сезона: 1-й – январь-июнь, 2-й – июль-декабрь);

M – эффект группы содержания – хозяйство, ферма, стадо (фиксированный эффект);

P – перманентный эффект среды (фиксированный эффект, влияющий на продуктивность животного, но не передающийся потомкам – пол животного и номер отёла матери пробанда);

е – эффект неучтённых факторов – часть продуктивности животного, которая не объясняется включёнными в модель факторами (ошибка).

В процессе расчёта племенной ценности животных популяции абердин-ангусского скота были определены значения аддитивной генетической дисперсии (вариансы, VA), остаточной дисперсии (VE), на основании которых были определены коэффициенты наследуемости (h^2) изучаемых признаков.

Результаты оценки племенной ценности представлены в процентилях. В статистике процентиль – мера, показывающая, какой процент значений признака находится ниже показателя, к которому он относится. В отчётах зарубежных животноводческих ассоциаций используется обратное распределение рангов животных, т. к. процентиля – это характеристики набора данных, которые выражают ранги элементов в процентах от 0 % до 100 % (т. е. это 99 точек-значений признака, которые делят упорядоченное по возрастанию множество наблюдений на 100 равных частей).

Оборудование и технические средства. Исследования выполнены в ФГБНУ ВНИИплем (<https://vniiplem.com>). Для расчёта индексов племенной ценности животных использовалось семейство программ BLUPF90.

Статистическая обработка. Полученные данные были обработаны биометрически по методике Плохинского Н.А., методом вариационной статистики с помощью офисного программного комплекса «Microsoft Office» («Microsoft», США) с применением программы «Excel» («Microsoft», США). Статистическая обработка включала расчёт среднего значения (M), ошибки средней (m), стандартные отклонения (SD), коэффициенты изменчивости (Cv), аддитивная генетическая дисперсия (VA), остаточная дисперсия (VE) и коэффициент наследуемости (h^2) изучаемых параметров. Достоверность различий сравниваемых показателей определяли по t-критерию Стьюдента. Уровень значимой разницы был установлен на $P \leq 0,05$.

Результаты исследования.

Средние значения показателей, использованных для определения племенной ценности методом BLUP, превосходят минимальные требования к живой массе молодняка абердин ангусской породы класса элита-рекорд (табл. 1).

Таблица 1. Средние значения показателей, использованных в оценке племенной ценности абердин-ангусского скота методом BLUP

Table 1. The average means of the traits used in the assessment of the breeding value of Aberdeen Angus cattle by the BLUP method

Показатель / Trait	Группа животных / Group of animals	Количество голов / Number of animals	M(кг)±m / M(kg)±m	SD	Cv(%)
Живая масса при рождении / Live weight at birth	быки-производители / sires	51074	27,3±0,03	5,8	21,1
	маточное поголовье / mature herd	55133	25,4±0,02	5,3	21,0
Живая масса в 205 дн. / Live weight at 205 days	быки-производители / sires	37998	212,2±0,16	32,0	15,1
	маточное поголовье / mature herd	44896	198,5±0,14	30,4	15,3
Живая масса в 365 дн. / Live weight at 365 days	быки-производители / sires	18920	339,1±0,40	55,7	16,4
	маточное поголовье / mature herd	28438	302,8±0,23	39,4	13,0
Молочность / Milk-iness	Маточное поголовье / mature herd	20994	210,8±0,20	29,4	13,9

В ходе исследования было установлено, что с увеличением возраста животных наследуемость признаков снижается (табл. 2). Это обусловлено снижением генетической составляющей проявления признака и увеличением влияния факторов окружающей среды – условий выращивания, кормления, содержания и др.

Таблица 2. Аддитивная генетическая дисперсия (VA), остаточная дисперсия (VE) и коэффициент наследуемости (h^2) изучаемых признаков абердин-ангусской популяции скота в России

Table 2. Additive genetic variance (VA), residual variance (VE) and heritability coefficient (h^2) of the studied traits of the Aberdeen-Angus cattle population in Russia

Признак / Trait	Аддитивная генетическая дисперсия (VA) / Additive genetic variance (VA)	Остаточной дисперсии (VE) / Residual variance (VE)	Коэффициент наследуемости (h^2) / Heritability coefficient (h^2)
Живая масса при рождении / Live weight at birth	4,33	5,21	0,45
Живая масса в 205 дн. / Live weight at 205 days	60,09	428,48	0,12
Живая масса в 365 дн. / Live weight at 365 days	88,66	942,63	0,09
Молочность / Milkiness	65,57	435,72	0,13

Оценка молодняка. Расчёт индекса племенной ценности молодняка абердин-ангусской породы производился отдельно для бычков и тёлочек изучаемой популяции. Процентили рассчитанных индексов молодняка включают животных 2018-2019 гг. рождения.

Индекс племенной ценности (ИПЦ) по живой массе при рождении бычков, входящих в 10 % поголовья с максимальным значением признака, находится на уровне не ниже 0,98, у тёлочек – не ниже 1,00 (табл. 3). По живой массе в 205 и 365 дней максимальные значения индекса у бычков составили 42,50 и 65,04 кг, у тёлочек – 33,06 и 40,63 кг.

Таблица 3. Распределение значений индекса племенной ценности продуктивных показателей молодняка абердин-ангусской породы по процентилим

Table 3. Distribution of values of the breeding value index of productive traits of young Aberdeen-Angus breed by percentiles

Процентиль / Percentile	Индекс племенной ценности по показателям живой массы, кг / Breeding value index of live weight, kg					
	при рождении / at birth		в 205 дн / at 205 days		в 365 дн / at 365 days	
	бычки / bull-calves	тёлки / heifers	бычки / bull-calves	тёлки / heifers	бычки / bull-calves	тёлки / heifers
Среднее: / Average:	0,06	-0,04	-0,74	0,98	-1,27	-1,50
мин / min.	-9,46	-9,06	-31,44	-28,99	-45,08	-42,42
макс. / max.	12,02	13,74	42,50	33,06	65,04	40,63
10 %	0,98	1,00	5,93	8,23	11,62	9,70
20 %	0,55	0,47	3,55	5,23	6,00	5,84
30 %	0,41	0,23	1,44	3,37	2,48	3,03
40 %	0,24	0,04	-0,12	1,78	0,15	0,89
50 %	0,05	-0,11	-1,19	0,81	-2,32	-1,32
60 %	-0,11	-0,23	-2,23	-0,32	-4,60	-3,54
70 %	-0,24	-0,38	-3,14	-1,89	-7,00	-5,90
80 %	-0,45	-0,60	-4,17	-3,61	-10,33	-8,92
90 %	-0,45	-0,96	-6,76	-5,97	-13,29	-13,44
100 %	-9,46	-9,06	-31,44	-28,99	-45,08	-42,42
n, гол. / n, head	21572	19898	13795	14984	3707	4839

Оценка коров. Распределение значений индекса племенной ценности, вычисленных на основе собственных продуктивных показателей коров, и показателей их потомства по процентилям показало, что минимальное значение индекса коров по показателю живой массы в 365 дней составило -36,32 кг, максимальное – +43,43 кг, по показателю «молочность» минимальное – -15,38 кг, максимальное – +19,68 кг (табл. 4).

Таблица 4. Распределение значений индекса племенной ценности коров по собственным продуктивным показателям и показателям их потомства по процентилям
 Table 4. Distribution of values of the index of breeding value of cows by their own productive traits and indicators of their progeny by percentiles

Процентиль / Percentile	Индекс племенной ценности по показателям, кг / Index of breeding value by traits, kg	
	живая масса в 365 дн / live weight at 365 days	молочность / milkiness
Среднее: / Average:	1,80	-0,01
мин / min.	-36,32	-15,38
макс. / max.	43,43	19,68
1 %	34,13	9,46
2 %	34,13	7,39
3 %	34,13	6,37
4 %	34,12	5,71
5 %	21,69	5,17
10 %	10,47	3,51
20 %	5,91	1,90
30 %	3,34	0,99
40 %	1,49	0,35
50 %	0,26	0,00
60 %	-0,33	-0,46
70 %	-1,74	-1,14
80 %	-3,82	-2,09
90 %	-7,21	-3,54
100 %	-36,32	-15,38
n, гол. / n, head	26003	23804

В генеральной совокупности коров присутствовала большая группа животных (>800 голов) с близкими значениями показателя живой массы в 365 дней, в результате чего поголовье с индексом племенной ценности +34,13 кг составило 3 %.

Оценка быков-производителей. Расчёт индексов племенной ценности быков-производителей осуществлялся по показателям живой массы потомков при рождении, в 205 и 365 дней и по молочности дочерей (табл. 5).

Установлено, что в 5 % вошли животные с максимальными значениями индекса ИПЦ: по живой массе при рождении потомства – от 2,41 до 13,60; по живой массе в 205 дней – от 8,81 до 29,72; по живой массе в 365 дней – от 9,06 до 27,85; по молочности дочерей – от 3,69 до 12,29.

Полученные данные позволяют ранжировать быков-производителей по каждому оцениваемому признаку, а впоследствии – по сумме рангов или дополнительному индексу в зависимости от того, какой уровень развития признака считается оптимальным.

Таблица 5. Распределение быков-производителей абердин ангусской породы по процентилим значений индекса племенной ценности на основании оценки продуктивных качеств потомства

Table 5. Distribution of Aberdeen Angus sires by percentiles of the breeding value index based on the assessment of the productive traits of the progeny

Процентиль / Percentile	Индекс племенной ценности по показателям потомства, кг/ Index of breeding value by traits of progeny, kg			
	при рождении / at birth	в 205 дн / at 205 days	в 365 дн / at 365 days	молочность до- черей / milkiness of daughters
Среднее: / Average:	0,02	0,11	0,09	-0,08
мин. / min.	-9,45	-21,93	-24,12	-8,20
макс. / max.	13,60	29,72	27,85	12,29
1 %	6,01	16,67	14,87	7,45
2 %	4,72	12,52	12,81	5,19
3 %	3,60	10,75	11,12	4,61
4 %	2,77	9,50	10,02	4,21
5 %	2,41	8,81	9,06	3,69
10 %	1,40	6,04	6,40	2,73
20 %	0,69	3,42	3,71	1,62
30 %	0,31	1,93	2,05	0,79
40 %	0,11	0,86	0,68	0,29
50 %	-0,06	-0,07	-0,53	-0,16
60 %	-0,19	-1,02	-1,42	-0,60
70 %	-0,39	-2,21	-2,22	-1,17
80 %	-0,62	-3,56	-3,54	-1,88
90 %	-1,09	-5,47	-5,78	-2,67
100 %	-9,45	-21,93	-24,12	-8,20
n, гол. / n, head	2094	2047	1580	614

Обсуждение полученных результатов.

Прогноз племенной ценности животных стада является важнейшим этапом селекционно-племенной работы, который необходим для повышения продуктивных качеств и составления селекционных программ для специализированных мясных пород.

В последние годы в России метод BLUP эффективно используется в животноводстве (Хайнацкий В.Ю., 2021, Суслина Е.Н. и др., 2019). Так, на базе ФГБНУ ВНИИплем с 2021 г. проводится оценка быков-производителей молочных пород (Тяпугин С.Е. и др., 2021). В мясном скотоводстве данный метод пока не нашёл широкого применения. Это объясняется организационными вопросами, ограниченным использованием искусственного осеменения, низкой достоверностью происхождения, неудовлетворительным учётом и отсутствием необходимых показателей в базах данных индивидуального учёта животных стад (Хайнацкий В.Ю., 2021). После вступления в силу Решения Коллегии ЕЭК оценка мясного скота должна проводиться регулярно, не реже 1 раза в год, что будет способствовать росту мясной продуктивности и экономической эффективности отрасли.

Важными условиями оценки являются точность, корректность и своевременность внесения информации в базы данных по животным. Несоблюдение этих условий влечёт за собой искажение базиса и результатов оценки племенной ценности. Так, в наших исследованиях было выявлено большое количество некорректно внесённых данных: одинаковые значения показателей живой массы во все возрастные периоды, значения показателей, отклоняющихся от предельно допустимых значений, отсутствие части информации по важным событиям и показателям (от 30 % до 80 %

поголовья). Практически полностью отсутствует информация по лёгкости отёла коров в базах данных племенного учёта мясного скота, что делает невозможным определение индекса племенной ценности по данному показателю.

Качественное ведение племенного учёта также позволит определить перечень значимых факторов, влияющих на продуктивные показатели мясного скота, что необходимо для выбора оптимальной биометрической модели BLUP, позволяющей повысить достоверность оценки племенной ценности оцениваемой популяции.

Адаптация к российским условиям и внедрение в селекционный процесс методики BLUP обеспечат более совершенный подход к анализу и планированию племенной работы в мясном скотоводстве и повысит её результативность (Хайнацкий В.Ю., 2021; Кузнецов В.М., 2003; Сагинбаев А.К. и др., 2016).

Заключение.

Построены уравнения биометрических моделей и осуществлён расчёт индексов племенной ценности животных абердин-ангусской породы по собственной продуктивности методом BLUP по четырём продуктивным показателям: живой массе при рождении, при отёме, в годовалом возрасте и по молочности.

Из включённых в Методику оценки ЕЭК 5-ти показателей рассчитать корректные ИПЦ возможно только по четырём из них: живой массе при рождении, при отёме (скорректированной на 205 дн.), в годовалом возрасте (скорректированной на 365 дн.) и молочности коров. Определить индекс племенной ценности по показателю лёгкости отёлов внутри породы не представляется возможным ввиду отсутствия данных.

Оценку племенной ценности необходимо проводить не реже 1-2 раза в год, что повысит эффективность селекционно-племенной работы и ускорит рост продуктивных качеств специализированных мясных пород.

Коэффициент наследуемости показателей мясной продуктивности в исследуемой популяции варьировал в зависимости от возраста и составил для живой массы при рождении 0,45, в 205 дней – 0,12, в 365 дней – 0,09. Для признака «молочность» его величина составила 0,13.

Список источников

1. Амерханов Х.А., Зиновьева Н.А. Анализ национальных регистрационных сертификатов и введение в систему генетической оценки свиней США: метод. рекомендации. М.: МСХ РФ, 2008. 62 с. [Amerkhanov KhA, Zinov'eva NA. Analiz natsional'nykh registratsionnykh sertifikatov i vvedenie vsistemu geneticheskoi otsenki svinei SShA: metod. rekomendatsii. Moscow: MSKh RF; 2008:62 p. (*In Russ.*)].
2. Иванова И.П. Эффективность определения племенной ценности быков-производителей в зависимости от метода оценки // Вестник КрасГАУ. 2024. № 1(202). С. 119-124. [Ivanova IP. Effectiveness of determining the breeding value of bulls depending on the assessment method. Bulliten KrasSAU. 2024;1(202):119-124. (*In Russ.*)]. doi: 10.36718/1819-4036-2024-1-119-124
3. Кудинов А.А., Петрова А.В., Племяшов К.В. Применение метода BLUP Animal Model для оценки племенной ценности коров айрширской породы Ленинградской области // Генетика и разведение животных. 2017. № 2. С. 79-85. [Kudinov A, Petrova A, Plemyashov K. Application of the BLUP Animal Model for evaluation of the breeding value of the cows of the Ayrshire breed of the Leningrad Region. Genetics and Breeding of Animals. 2017;(2):79-85. (*In Russ.*)].
4. Кузнецов В.М. Методы племенной оценки животных с введением в теорию BLUP. Киров: Зональный НИИСХ Северо-Востока. 2003. 358 с. [Kuznetsov VM. Metody plemennoi otsenki zhivotnykh s vvedeniem v teoriyu BLUP. Kirov: Zonal'nyi NIISKh Severo-Vostoka; 2003:358 p. (*In Russ.*)].

5. Методика оценки племенной ценности крупного рогатого скота мясного направления продуктивности. Утверждена решением Коллегии Евразийской экономической комиссии от 24 ноября 2020 г. № 149. «Об утверждении методик оценки племенной ценности сельскохозяйственных животных в государствах-членах Евразийского экономического союза». 2020. 62 с. [Metodika otsenki plemennoi tsennosti krupnogo rogatogo skota molochnogo napravleniya produktivnosti. Utverzhdena resheniem Kollegii Evraziiskoi ekonomicheskoi komissii ot 24 noyabrya 2020 g. № 149. «Ob utverzhdenii metodik otsenki plemennoi tsennosti sel'skokhozyaistvennykh zhivotnykh v gosudarstvakh-chlenakh Evraziiskogo ekonomicheskogo soyuza». 2020:62 p. (*In Russ.*)].

6. Оценка племенной ценности свиней с использованием метода BLUP / Е.Н. Суслина, А.А. Новиков, С.В. Павлова и др. // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2019. № 6. С. 150-161. [Suslina YeN, Novikov AA, Pavlova SV et al. Evaluation of breeding qualities of hog producers using the BLUP method. Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy (TAA). 2019;(6):150-161. (*In Russ.*)]. doi: 10.34677/0021-342x-2019-6-150-161

7. Плохинский Н.А. Руководство по биометрии для зоотехников. М.: Колос, 1969. 256 с. [Plokhinskii NA. Rukovodstvo po biometrii dlya zootekhnikov. Moscow: Kolos; 1969:256 p. (*In Russ.*)].

8. Разработка селекционных индексов и совершенствование методов оценки племенной ценности в мясном скотоводстве / А.К. Сагинбаев, А.Т. Бисембаев, Ж.М. Касенов, Н.Ж. Ералин // Вестник мясного скотоводства. 2016. № 1(93). С. 7-11. [Saginbaev AK, Bisembaev AT, Kasenov ZhM, Eralin NZh. Development of selection indices and improvement of methods for assessment of breeding value in beef cattle breeding. Herald of Beef Cattle Breeding. 2016;1(93):7-11. (*In Russ.*)].

9. Результаты оценки быков-производителей молочных и молочно-мясных пород по качеству потомства за 2020 год / С.Е. Тяпугин, И.М. Дунин, Г.Ф. Сафина и др. // Каталог быков-производителей молочных и молочно-мясных пород, оцененных по качеству потомства в 2021 г. Изд-во: ФГБНУ ВНИИплем. Лесные Поляны, 2021. С. 3-12. [Tyapugin SE, Dunin IM, Safina GF i dr. Rezul'taty otsenki bykov-proizvoditelei molochnykh i molochno-myasnykh porod po kachestvu potomstva za 2020 god. Katalog bykov-proizvoditelei molochnykh i molochno-myasnykh porod, otsenennykh po kachestvu potomstva v 2021 g. Izd-vo: FGBNU VNIIPlem. Lesnye Polyany;2021:3-12. (*In Russ.*)].

10. Сравнение эффективности применения Test-day model и других модификаций метода BLUP для оценки племенной ценности быков-производителей симментальской породы / А.И. Мамонтова, С.А. Никитин, Е.Е. Мельникова, А.А. Сермягин // Молочное и мясное скотоводство. 2020. № 3. С. 8-11. [Mamontova AI, Nikitin SA, Melnikova EE, Sermyagin AA. Efficiency and comparison of the test-day model and BLUP method modifications for assessing bulls breeding value in Simmental cattle breed. Dairy and Beef Cattle Farming. 2020;3:8-11. (*In Russ.*)]. doi: 10.33943/MMS.2020.46.43.002

11. Хайнацкий В.Ю. Метод племенной оценки быков-производителей мясных пород на основе BLUP // Животноводство и кормопроизводство. 2021. Т. 104. № 1. С. 20-30. [Haynatsky VYu. BLUP Method of breeding assessment of beef sires. Animal Husbandry and Fodder Production. 2021;104(1):20-30. (*In Russ.*)]. doi: 10.33284/2658-3135-104-1-20

12. Эффективность использования уравнений модели BLUP для прогноза племенной ценности быков-производителей по молочной продуктивности дочерей / С.Н. Харитонов, А.А. Сермягин, Е.Е. Мельникова и др. // Молочное и мясное скотоводство. 2018. № 3. С. 7-11. [Kharitonov SN, Sermyagin AA, Melnikova EE et al. The BLUP model equations efficiency for the prediction of the sire breeding value by the daughters' milk production traits. Dairy and Beef Cattle Farming. 2018;3:7-11. (*In Russ.*)].

References

1. Amerkhanov KhA, Zinovieva NA. Analysis of national registration certificates and introduction to the system of genetic evaluation of pigs in the USA: method. recommendations. Moscow: Ministry of Agriculture of the Russian Federation; 2008:62 p.

2. Ivanova IP. Effectiveness of determining the breeding value of bulls depending on the assessment method. Bulliten KrasSAU. 2024;1(202):119-124. doi: 10.36718/1819-4036-2024-1-119-124
3. Kudinov A, Petrova A, Plemashov K. Application of the BLUP Animal Model for evaluation of the breeding value of the cows of the Ayrshire breed of the Leningrad Region. Genetics and Breeding of Animals. 2017;(2):79-85.
4. Kuznetsov VM. Methods of breeding evaluation of animals with an introduction to BLUP theory. Kirov: Zonal Research Institute of Agriculture of the North-East; 2003:358 p.
5. Methodology for assessing the breeding value of beef cattle. Approved by the decision of the Board of the Eurasian Economic Commission from November 24, 2020 № 149. "On Approval of methods for assessing the breeding value of agricultural animals in the member states of the Eurasian Economic Union". 2020:62 p.
6. Suslina YeN, Novikov AA, Pavlova SV et al. Evaluation of breeding qualities of hog producers using the BLUP method. Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy (TAA). 2019;(6):150-161. doi: 10.34677/0021-342x-2019-6-150-161
7. Plokhinsky NA. A guide to biometrics for zootechnicians. Moscow: Kolos; 1969:256 p.
8. Saginbaev AK, Bisembaev AT, KasenovZhM, EralinNZh. Development of selection indices and improvement of methods for assessment of breeding value in beef cattle breeding. Herald of Beef Cattle Breeding. 2016;1(93):7-11.
9. Tyapugin SE, Dunin IM, Safina GF et al. Results of evaluation of dairy and dairy-beef sires by progeny quality for 2020. Catalog of dairy and dairy-beef sires evaluated for progeny quality in 2021. Publisher: All-Russian Scientific Research Institute of Breeding. Lesnye Polyany; 2021:3-12.
10. Mamontova AI, Nikitin SA, Melnikova EE, Sermyagin AA. Efficiency and comparison of the test-day model and BLUP method modifications for assessing bulls breeding value in Simmental cattle breed. Dairy and Beef Cattle Farming. 2020;3:8-11. doi: 10.33943/MMS.2020.46.43.002
11. Haynatsky VYu. BLUP Method of breeding assessment of beef sires. Animal Husbandry and Fodder Production. 2021;104(1):20-30. doi: 10.33284/2658-3135-104-1-20
12. Kharitonov SN, Sermyagin AA, Melnikova EE et al. The BLUP model equations efficiency for the prediction of the sire breeding value by the daughters' milk production traits. Dairy and Beef Cattle Farming. 2018;3:7-11.

Информация об авторах:

Иван Михайлович Дунин, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАН, руководитель научного направления «Селекция, разведение крупного рогатого скота и информационное обеспечение племенного скотоводства», Всероссийский научно-исследовательский институт племенного дела, 141212, Московская область, г. Пушкино, пос. Лесные Поляны, ул. Ленина, д. 13, тел.: +7(495)515-95-57.

Александр Александрович Герасимов, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории разведения мясных пород крупного рогатого скота, Всероссийский научно-исследовательский институт племенного дела, 141212, Московская область, г. Пушкино, пос. Лесные Поляны, ул. Ленина, д. 13, тел.: +7(495)515-95-57.

Светлана Вячеславовна Никитина, старший научный сотрудник лаборатории разведения мясных пород крупного рогатого скота, Всероссийский научно-исследовательский институт племенного дела, 141212, Московская область, г. Пушкино, пос. Лесные Поляны, ул. Ленина, д. 13, тел.: +7(495)515-95-57.

Екатерина Александровна Матвеева, научный сотрудник лаборатории разведения мясных пород крупного рогатого скота, Всероссийский научно-исследовательский институт племенного дела, 141212, Московская область, г. Пушкино, пос. Лесные Поляны, ул. Ленина, д. 13, тел.: +7(495)515-95-57.

Information about the authors:

Ivan M Dunin, Dr. Sci. (Agriculture), Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, head of the Scientific Direction "Selection, breeding of cattle and information support for cattle breeding" All-Russian Scientific Research Institute of Breeding, village Lesnye Polyany, Lenin str., 13, Moscow region, Pushkino, 141212, tel.: +7(495)515-95-57.

Alexander A Gerasimov, Cand. Sci. (Agriculture), Leading Researcher at the Laboratory of Breeding Beef Breeds of Cattle, All-Russian Scientific Research Institute of Breeding, village Lesnye Polyany, Lenin str., 13, Moscow region, Pushkino, 141212, tel.: +7(495)515-95-57.

Svetlana V Nikitina, Senior Researcher at the Laboratory of Breeding Beef Breeds of Cattle, All-Russian Scientific Research Institute of Breeding, village Lesnye Polyany, Lenin str., 13, Moscow region, Pushkino, 141212, tel.: +7(495)515-95-57.

Ekaterina A Matveeva, Researcher at the Laboratory of Breeding Beef Breeds of Cattle All-Russian Scientific Research Institute of Breeding, village Lesnye Polyany, Lenin str., 13, Moscow region, Pushkino, 141212, tel.: +7(495)515-95-57.

Статья поступила в редакцию 19.06.2024; одобрена после рецензирования 05.08.2024; принята к публикации 09.09.2024.

The article was submitted 19.06.2024; approved after reviewing 05.08.2024; accepted for publication 09.09.2024.

Животноводство и кормопроизводство. 2024. Т. 107, № 3. С. 47-56.
Animal Husbandry and Fodder Production. 2024. Vol. 107, no 3. P. 47-56.

Научная статья
УДК 636.32/.38
doi:10.33284/2658-3135-107-3-47

**Вариативность морфометрических параметров тела у коз зааненской породы
разных месяцев рождения и их связь с продуктивными и репродуктивными показателями**

Виктория Борисовна Лейбова¹, Марина Владимировна Позовникова²

^{1,2}Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста», Санкт-Петербург, Тярлево, Россия

¹leib1406@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7017-9988>

²pozovnikova@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-8658-2026>

Аннотация. Измерение размеров тела животного представляет собой основу для оценки его развития и оптимального проявления хозяйственно полезных признаков. Развитие молочных коз зависит от множества факторов, включая месяц рождения. Цель исследования – оценка развития коз разных месяцев рождения в связи с показателями репродукции и удоем в первую лактацию. В хозяйстве с промышленной технологией содержания молочных коз были сформированы две группы животных, полученных в разные месяцы окота: I – январь (n=22) и II – март (n=20). В 3 и 6 мес. у козочек были взяты следующие промеры: высота в холке, косая длина туловища, глубина и ширина груди за лопатками. В 15 мес. дополнительно измерены высота в крестце, обхват груди и пясти. Определено, что у коз, родившихся в январе (группа I), все морфометрические показатели тела в 3, 6 и 15 мес. были выше, чем у животных, полученных от мартовского окота (группа II) ($P \leq 0,05-0,001$). Животные I и II групп не имели статистически значимых различий по удою за первые и вторые 100 дн лактации и возрасту первого окота, но размер помёта был больше в I группе по сравнению с группой II: $2,07 \pm 0,20$ и $1,50 \pm 0,13$ соответственно ($P \leq 0,05$). У коз группы II была выявлена положительная линейная корреляция удоя за первые и вторые 100 дн лактации с шириной груди и обхватом пясти ($P \leq 0,05-P \leq 0,01$). Низкие морфометрические показатели в 3-, 6- и 15-месячном возрасте у животных II группы указывают на недостаточное развитие животных, что негативно влияет на воспроизводительную способность и препятствует проявлению потенциала молочной продуктивности коз.

Ключевые слова: козы, промеры тела, индексы телосложения, удой, воспроизводство

Благодарности: работа выполнена в соответствии с планом НИР за 2024 г. ВНИИГРЖ FGGN-2024-0013 (124020200029-4).

Для цитирования: Лейбова В.Б., Позовникова М.В. Вариативность морфометрических параметров тела у коз зааненской породы разных месяцев рождения и их связь с продуктивными и репродуктивными показателями // Животноводство и кормопроизводство. 2024. Т. 107, № 3. С. 47-56. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-107-3-47>

Original article

Variability of body morphometric parameters in Saanen goats of different birth months and their relationship with productive and reproductive indicators

Viktoriya B Leibova¹, Marina V Pozovnikova²

^{1,2}Russian Research Institute of Farm Animal Genetics and Breeding — Branch of the L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry, St. Petersburg, Tyarlevo, Russia

¹leib1406@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7017-9988>

²pozovnikova@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-8658-2026>

Abstract. Measuring the body size of an animal is the basis for assessing its development and optimal expression of economically useful traits. The development of dairy goats depends on many factors, including the month of birth. The aim of the study was to assess the development of goats born in different months in connection with reproductive rates and milk yield in the first lactation. On a farm with industrial technology for keeping dairy goats, two groups of animals were formed, obtained in different months of lambing: Group I – January (n=22) and Group II – March (n=20). At 3 and 6 months, the following measurements were taken from the goats: height at the withers, oblique body length, depth and width of the chest behind the shoulder blades. At 15 months, the height at the sacrum, chest and metacarpus girth were additionally measured. It was determined that in goats born in January (group I), all morphometric indices of the body at 3, 6 and 15 months were higher than in animals born in March (group II) ($P \leq 0.05-0.001$). Animals of groups I and II did not have statistically significant differences in milk yield for the first and second 100 days of lactation and age at first lambing, but the litter size was larger in group I compared to group II: 2.07 ± 0.20 and 1.50 ± 0.13 , respectively ($P \leq 0.05$). In goats of group II, a positive linear correlation was found between milk yield for the first and second 100 days of lactation and chest width and metacarpus girth ($P \leq 0.05 - P \leq 0.01$). Low morphometric indices at 3, 6 and 15 months of age in animals of group II indicate insufficient development of animals, which negatively affects reproductive capacity and prevents the manifestation of the potential for milk productivity in goats.

Keywords: goats, body measurements, body indexes, milk yield, reproduction

Acknowledgments: the work was performed in accordance to the plan of research works for 2024 RRIFAGB FGGN-2024-0013 (124020200029-4).

For citation: Leibova VB, Pozovnikova MV. Variability of body morphometric parameters in Saanen goats of different birth months and their relationship with productive and reproductive indicators. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2024;107(3):47-56. (In Russ.). <https://doi.org/10.33284/2658-3135-107-3-47>

Введение.

Зааненская порода коз является наиболее распространённой в мире, животные отличаются скороспелостью и высокой адаптационной способностью к разведению в различных климатических зонах (Мирошина Т.А. и Чалова Н.А., 2022; De Vasconcelos AM et al., 2021). В формировании современного племенного поголовья коз зааненской породы России использовали животных, завезённых из Австралии, Новой Зеландии, Нидерландов, Германии. Российская популяция коз зааненской породы отличается от исходной швейцарской популяции значениями индексов генетического и аллельного разнообразия, однако сохраняет геномные компоненты, присущие первоначальному генофонду (Денискова Т.Е. и др., 2020; Селионова М.И., 2019). Разнообразие природно-климатических зон вместе с отличиями в системе содержания и кормовой базе предполагает наличие фенотипических особенностей у различных популяций коз зааненской породы (Sanahmed AM et al., 2023; Huang J et al., 2024).

Успех селекции, направленной на повышение молочной продуктивности, зависит не только от прямого повышения удоя, содержания молочного жира или белка, но и от улучшения других признаков, таких как развитие тела или функциональные характеристики, которые также способ-

ствуют росту эффективности производства (Žujović M et al., 2011; Елемесов Б.К., и др. 2024; Часовщикова М.А. и Пунегова В.В., 2024). Сегодня оценка коз по экстерьеру и типу телосложения проводится по 100-балльной шкале, которая основана на визуальной оценке животного в сравнении с модельным животным (Порядок и условия проведения бонитировки..., 2019). Взятие промеров (определение абсолютных размеров тела), в том числе в динамике, также является важным элементом, поскольку представляет собой морфологическую и физиологическую основы не только для линейной оценки развития тела, но и для оптимального проявления производственных и репродуктивных качеств.

Известно, что на рост и развитие коз влияет большое число факторов, в том числе месяц рождения (Dinçel D et al., 2019). Поэтому представляется актуальным проведение биометрических исследований у животных разного месяца рождения в различные периоды развития.

Цель исследования.

Сравнительный анализ развития коз зааненской породы разных месяцев рождения и оценка связи морфометрических параметров с продуктивными и репродуктивными показателями животных в природно-климатических условиях Северо-Западного региона России.

Материалы и методы исследования.

Объект исследования. Козочки зааненской породы.

Обслуживание животных и экспериментальные исследования были выполнены в соответствии с инструкциями и рекомендациями нормативных актов: Протоколом Комиссии по этике экспериментов на животных Федерального научного центра животноводства им. Л.К. Эрнста (№ 2020/2) и Законом Российской Федерации о ветеринарной медицине (№ 4979-1 от 14 мая 1993 г.). При проведении исследований были предприняты меры для обеспечения минимума страданий животных и уменьшения количества исследуемых опытных образцов.

Схема эксперимента. Исследования проводили в 2021-2022 гг. в племенном хозяйстве с интенсивной технологией содержания (ЗАО ПЗ «Приневское» Ленинградская область). Для этого были сформированы две группы животных: I (n=22) и II (n=20) – козочки, родившиеся в январе и марте 2021 г. Животные круглогодично содержались в секциях на глубокой подстилке и получали корм в соответствии с их физиологическим статусом. У самок в 3- и 6-месячном возрасте была проведена экстерьерная оценка тела, которая включала в себя взятие следующих промеров: высота в холке (см), косая длина туловища (см), глубина груди и ширина груди за лопатками (см). На основе данных морфометрических показателей были вычислены индексы тела (%): индекс длинности, индекс растянутости и грудной индекс.

В 15 мес. (до начала второго случного сезона) были взяты дополнительные промеры: высота в крестце, обхват в груди и обхват пясти (см) и соответственно определены индексы компактности, массивности, костистости и перерослости (%).

Оборудование и технические средства. При взятии промеров использовали мерную палку для измерения мелкого рогатого скота (Дивовский завод ОАО «Ветзоотехника», Россия), мерный циркуль и мерную ленту. Показатели воспроизводства коз (возраст первого окота и размер помёта), а также удой за первые и вторые 100 дн лактации были взяты из программы учёта «AfiGoat3,07b» (Afikim, Израиль), которая используется в хозяйстве.

Статистическая обработка. Полученные данные обрабатывались методом однофакторного дисперсионного анализа и однофакторного дисперсионного анализа с повторными измерениями. При оценке достоверности сравниваемых средних значений использовали критерий Холм-Сидака. Был принят уровень значимости $P \leq 0,05$ (программа «SigmaPlot 12,5», Systat Software Inc., США). Вычисление коэффициентов корреляции проводили по методу Пирсона.

Результаты исследования.

На первом этапе исследования было обнаружено, что в возрасте 3 месяцев козочки I группы имели более высокие морфометрические показатели по сравнению с особями II группы. Из четырёх оцениваемых промеров ширина груди за лопатками в опытных группах показала максимальный коэффициент изменчивости (8,48-8,62 %). Высота в холке и ширина груди были на 16,2 % и 13,9 % выше ($P \leq 0,001$) в группе I в сравнении с группой II. Глубина груди у козочек I группы превышала аналогичный параметр группы II на 7,5 % ($P \leq 0,001$), косая длина туловища – на 5,5 % ($P \leq 0,001$).

Таблица 1. Морфометрические показатели и экстерьерные индексы у козочек разных месяцев окота
Table 1. Morphometric parameters and body indexes in goats of different calving months

Показатель экстерьера/ Exterior trait	Группа/Group							
	I (n=22)				II (n=20)			
	3 мес./ 3 months		6 мес./ 6months		3 мес./ 3 months		6 мес./ 6months	
	Mean $\pm$ SEM	C _v , %	Mean $\pm$ SEM	C _v , %	Mean $\pm$ SEM	C _v , %	Mean $\pm$ SEM	C _v , %
Высота в холке, см / Height at withers, cm	60,6 $\pm$ 0,36	4,62	63,9 $\pm$ 0,35	2,54	50,8 $\pm$ 0,76***	6,67	59,1 $\pm$ 0,75***	5,69
Косая длина туловища, см / Oblique body length, cm	54,1 $\pm$ 0,61	5,00	69,6 $\pm$ 0,93	6,26	51,1 $\pm$ 0,67**	5,85	64,2 $\pm$ 0,64***	4,44
Глубина груди, см / Chest depth, cm	23,9 $\pm$ 0,23	4,52	28,7 $\pm$ 0,26	4,32	22,1 $\pm$ 0,39***	7,96	25,6 $\pm$ 0,18***	3,2
Ширина груди за лопатками, см / Chest width behind the shoulder blades, cm	15,1 $\pm$ 0,27	8,48	17,4 $\pm$ 0,31	8,22	13,0 $\pm$ 0,25***	8,62	14,8 $\pm$ 0,26***	7,91
Индекс длинноногости, %/Index of leg length, %	60,5 $\pm$ 0,48	4,71	55,2 $\pm$ 0,44	3,7	56,3 $\pm$ 0,66***	5,27	56,6 $\pm$ 0,58 *	4,59
Индекс растянутости, % / Index of body length, %	89,3 $\pm$ 1,17	6,15	109 $\pm$ 1,46	6,27	101,0 $\pm$ 1,3***	5,75	109 $\pm$ 1,55	6,34
Индекс грудной, % /Chest index, %	63,1 $\pm$ 1,18	8,8	60,6 $\pm$ 0,90	6,96	58,8 $\pm$ 1,11*	8,47	57,7 $\pm$ 1,11*	8,56

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

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

В возрасте 6 мес. различие по высоте в холке уменьшилось и составило 7,5 % ($P \leq 0,001$), тогда как разница по косой длине туловища, глубине и ширине груди, наоборот, увеличилась на 7,8 %, 10,8 % и 14,9 % ($P \leq 0,001$) соответственно. Коэффициент изменчивости ширины груди у самок I и II групп оставался высоким по сравнению с другими параметрами и составлял 8,22 % и 7,91 % соответственно.

В первую лактацию (15 мес.) отличия по всем морфометрическим параметрам тела сохранились, так, козы I группы были крупнее, чем их сверстницы группы II (табл. 2). Разница по отдельным промерам составляла от 5,3 % до 8,1 % ($P \leq 0,001$), а по ширине груди она достигла 11 % ($P \leq 0,001$). Ширина груди, как и в предыдущие периоды, имела максимальные значения коэффициента изменчивости (10,3 % и 10,6 % соответственно).

Таблица 2. Морфометрические показатели у коз перед вторым случным сезоном (15 мес.)
 Table 2. Morphometric parameters in goats before the second lactation season (15 months)

Промеры / <i>Body measurements</i>	Группа / <i>Group</i>			
	I (n=14)		II (n=16)	
	Mean±SEM	Cv, %	Mean±SEM	Cv, %
Высота в холке, см / <i>Height at withers, cm</i>	72,7±0,58	3,77	68,2 ± 0,70***	4,6
Косая длина туловища, см / <i>Oblique body length, cm</i>	81,3 ± 0,81	4,65	76,0 ± 0,91***	5,33
Глубина груди, см / <i>Chestdepth, cm</i>	32,9 ± 0,50	7,11	30,6 ± 0,26***	3,86
Ширина за лопатками, см / <i>Chest width behind the shoulder blades, cm</i>	21,1 ± 0,47	10,3	18,8 ± 0,45**	10,6
Высота в крестце, см / <i>Rump height, cm</i>	75,8 ± 0,74	4,56	70,8 ± 0,52***	3,16
Обхват груди, см / <i>Chest girth, cm</i>	89,9 ± 1,03	5,36	82,6 ± 1,12***	6,07
Обхват пясти, см / <i>Tarsus girth, cm</i>	8,88 ± 0,11	5,74	8,41 ± 0,11**	5,71

Примечание: различие между группами: ***– $P \leq 0,001$; **– $P \leq 0,01$

Note: Difference between groups: ***– $P \leq 0.001$; **– $P \leq 0.01$

Абсолютные величины промеров позволяют сравнить развитие отдельных статей у животных, но не характеризуют пропорций их телосложения. Для этой цели высчитывают индексы, которые подтверждают пропорциональное развитие тела и соответствие их молочному типу.

На протяжении всего периода наблюдения по индексам были выявлены различия между группами. Так, в 3 месяца в группе I индексы длинноногости и грудной были на 6,9 % ($P \leq 0,001$) и 6,8 % ($P \leq 0,05$) выше, а индекс растянутости – на 13,1 % ($P \leq 0,001$) ниже, чем в группе II (табл. 1). В 6 мес. индекс растянутости уже имел сходные значения в обеих группах, тогда как индекс длинноногости был ниже на 2,5 %, а грудной – выше на 5,0 % у коз группы I по сравнению с группой II ($P \leq 0,05$).

В 15 мес. индексы тела не показали статистически значимых различий между группами. Грудной индекс характеризовался самым высоким коэффициентом изменчивости (во II группе – $Cv=8,73$ %, в I – 10,5 % (табл. 3).

Таблица 3. Экстерьерные индексы у коз перед вторым случным сезоном (15 мес.)
 Table 3. Body indexes in goats before the second mating season (15 months)

Индексы телосложения / <i>Body indexes</i>	Группа / <i>Group</i>			
	I (n=14)		II (n=16)	
	Mean±SEM	Cv, %	Mean±SEM	Cv, %
Длинноногости, % / <i>Index of leg length, %</i>	54,8 ± 0,78	4,29	55,1 ± 0,53	4,27
Растянутости, % / <i>Index of body length, %</i>	112 ± 1,2	5,87	112 ± 1,5	5,87
Грудной, % / <i>Chest index, %</i>	64,3 ± 1,44	10,5	61,5 ± 1,20	8,73
Компактности, % / <i>Indexes of compactness, %</i>	111 ± 1,12	6,39	109 ± 1,58	6,5
Массивности, % / <i>Indexes of massiveness, %</i>	124 ± 1,65	5,08	121 ± 1,41	5,21
Коститости, % / <i>Bone structure index, %</i>	12,2 ± 1,92	6,57	12,3 ± 1,79	6,52
Перерослости, % / <i>Indexes of hypergrowth, %</i>	104 ± 0,87	3,24	104 ± 0,75	3,24

На втором этапе работы был проведён сравнительный анализ некоторых показателей воспроизводительной способности и молочной продуктивности коз-первокоток. Размер помёта при первом окоте в группе I был выше по сравнению с группой II ($P \leq 0,05$). Остальные параметры статистически значимых различий не имели (табл. 4).

Таблица 4. Показатели репродукции и молочной продуктивности коз
Table 4. Reproduction and milkproductivity of goats

Показатели / Indicators	Группа / Group	
	I (n=14)	II (n=16)
Возраст 1-го окота, дн / Age of 1st calving, dn	460 ± 32	526 ± 33
Размер помёта 1-го окота / Number of goat cub at first litter	2,07 ± 0,20	1,50 ± 0,13*
Удой за первые 100 дн лактации, кг / Yield for the first 100 days of lactation, kg	209 ± 12	245 ± 15
Удой за вторые 100 дн лактации, кг / Yield for the second 100 days of lactation, kg	208 ± 15	232 ± 23

Примечание: различие между группами: * – $P \leq 0,05$
Note: Difference between groups: * – $P \leq 0.05$

Корреляционный анализ не выявил связи между хозяйственно полезными признаками и морфометрическими показателями для I группы животных, в отличие от группы II. Так, у животных мартовского окота удой за первые и вторые 100 дн лактации положительно коррелировал с шириной груди ($r=0,627$ и $r=0,631$ соответственно при $P \leq 0,05$) и обхватом пясти ($r=0,822$ и $r=0,717$ соответственно при $P \leq 0,01$). Кроме того, выявлена положительная зависимость между размером помёта и удоем за первые 100 дн ($r=0,495$, $P \leq 0,05$) и вторые 100 дн лактации ($r=0,632$, $P \leq 0,05$).

Обсуждение полученных результатов.

Результаты полученных исследований показывают, что козочки январского окота (группа I) в 3-, 6- и 15-месячном возрасте имели более высокие значения морфометрических показателей тела по сравнению с особями мартовского окота (группа II). Такие различия у животных одного хозяйства могут быть обусловлены целым рядом факторов, которые не рассматривались в рамках данного исследования. При этом, в соответствии со шкалой признаков, оцениваемых у зааненских коз (Порядок и условия проведения бонитировки..., 2019), высота в холке у животных группы I соответствовала нижнему допустимому пределу для половозрелой особи, а в группе II составляла 93 %, что не является окончательным результатом; по данным Antunović Z с коллегами (2016), формирование молочной козы заканчивается к четырём.

Хотя показатели живой массы животных не анализировались в представленном исследовании, известно, что существует корреляция между массой и отдельными показателями развития тела, в частности глубиной груди и длиной туловища (Žujović M et al., 2011; Fonseca JdS et al., 2021). Большой размер помёта в группе I обусловлен тем, что козы молочных пород с высокими морфометрическими показателями тела и, соответственно, живой массой, имеют большее количество козлят в помёте (Pan S et al., 2015).

Несмотря на отличия в морфометрических показателях в анализируемые периоды, индексы телосложения различались только в 3-месячном возрасте. По достижению возраста 15 мес. особи обеих групп имели сходные значения индексов и соответствовали молочному типу коз (Исламова С.Г., 2020).

Морфометрические параметры тела могут иметь связь с молочной продуктивностью (Makamu TC et al., 2023). Высокая положительная корреляционная связь установлена в группе II между удоем и обхватом пясти ($r=0,822$); несколько меньшая, но также статистически значимая

связь получена между удоем и шириной груди ($r=0,631$). В исследованиях других авторов между шириной груди и удоем за лактацию были получены одни из самых высоких коэффициентов корреляции (Žujović M et al., 2011; Новопашина С.И. и Кизилова Е.И., 2015). Ширина груди по сравнению с другими промерами показала максимальный коэффициент изменчивости, что также согласуется с результатами других исследователей (Рудак А.Н. и др., 2021).

Известно, что показатель удоя коз имеет связь с размером помёта (Zamuner F et al., 2020; Лейбова В.Б. и Позовникова М.В., 2021), но в нашем случае такая зависимость была выявлена только для животных группы II.

Заключение.

По результатам наших исследований установлено, что в природно-климатических условиях Северо-Западного региона России козочки зааненской породы, рождённые в разные месяцы, демонстрировали различные морфометрические показатели тела. Так, козочки, полученные при окоте в марте, показали последовательно низкие значения промеров тела в 3-, 6- и 15-месячном возрасте в сравнении с козочками, рождёнными в январе. Отставание молочных коз в росте и развитии негативно влияло на размер помёта. Несмотря на отсутствие статистически значимых различий по удою между группами, данные ассоциативного анализа показали положительную связь обхвата пясти и ширины груди с удоем для животных группы II, что свидетельствует о недостаточно реализованном потенциале их молочной продуктивности. Полученные результаты биометрических исследований можно использовать в разведении с целью оптимального проявления производственных и репродуктивных качеств молочных коз.

Список источников

1. Геномная архитектура российской популяции зааненских коз в аспекте генофонда породы из пяти стран мира / Т.Е. Денискова, А.В. Доцев, М.С. Форнара, А.А. Сермягин, Н. Reyer, K. Wimmers, G. Brem, Н.А. Зиновьева // Сельскохозяйственная биология. 2020. Т. 55. № 2. С. 285-294. [Deniskova TE, Dotsev AV, Fornara MS, Sermyagin AA, Reyer N, Wimmers K, Brem G, Zinovieva NA. The genomic architecture of the Russian population of Saanen goats in comparison with worldwide Saanen gene pool from five countries. Sel'skokhozyaistvennaya Biologiya [Agricultural Biology]. 2020;55(2):285-294. (In Russ.)]. doi: 10.15389/agrobiology.2020.2.285rus doi: 10.15389/agrobiology.2020.2.285eng
2. 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. [Elmesov 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.)]. doi: 10.33284/2658-3135-107-2-49
3. Исламова С.Г. Молочное козоводство в республике Башкортостан // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2020. № 1(53). С. 78-82. [Islamova S. Dairy goat breeding in the republic of Bashkortostan. Vestnik Bashkir State Agrarian University. 2020;1(53):78-82. (In Russ.)]. doi: 10.31563/1684-7628-2020-53-1-78-82
4. Лейбова В.Б., Позовникова М.В. Продуктивные качества и особенности метаболического профиля крови в середине лактации у коз зааненской породы (*Capra hircus*) с разным возрастом первого окота // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 3(63). С. 234-244. [Leibova VB, Pozovnikova MV. Productive qualities and features of the metabolic blood profile in the middle of lactation in Saanen goats (*Capra hircus*) with different ages of the first kidding. Proc of the Lower Volga Agro-University Comp. 2021;3(63):234-244. (In Russ.)]. doi: 10.32786/2071-9485-2021-03-24
5. Мирошина Т.А., Чалова Н.А. Состояние молочного козоводства в России и мире (обзор) // Вестник КрасГАУ. 2022. № 10(187). С. 123-130. [Miroshina TA, Chalova NA. Dairy

goat breeding state in Russia and in the world (review). Bulliten KrasSAU. 2022;(10):123-130. (*In Russ.*)). doi: 10.36718/1819-4036-2022-10-123-130

6. Новопашина С.И., Кизилова Е.И. Молочная продуктивность коз в различные периоды лактации и корреляция признаков // Сборник научных трудов Всероссийского научно-исследовательского института овцеводства и козоводства. 2015. Т. 2. №. 8. С. 40-43. [Novopashina SI, Kizilova EI. The milk yield of goats in different periods of lactation and correlation of traits. Sbornik nauchnykh trudov Vserossiiskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta ovtsevodstva i kozovodstva. 2015;2(8)40-43. (*In Russ.*)].

7. Порядок и условия проведения бонитировки племенных коз молочного направления продуктивности. Утверждены приказом Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 27 мая 2019 г № 281. М.: Росинформагротех; 2019. 31 с. [Poryadok i usloviya provedeniya bonitirovki plemennykh koz molochnogo napravleniya produktivnosti. Utverzhdeny prikazom Ministerstva sel'skogo khozyaistva Rossiiskoi Federatsii ot 27 maya 2019 g № 281. Moscow: Rosinformagrotekh; 2019;31 p. (*In Russ.*)].

8. Рудак А.Н., Герман Ю.И., Будевич А.И. Особенности экстерьерно-конституциональных качеств трансгенных коз, разводимых в Беларуси //Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства: сб. науч. тр. / гл. ред. В.В. Великанов. Горки: БГСХ, 2021. Вып. 24. В 2 ч. Ч. 1. С. 62-69. [Rudak AN, German Yul, Budevich AI. Osobennosti e'kster'erno-konstitucional'ny'x kachestv transgenny'x koz, razvodimy'x v Belarusi. Aktual'ny'e problemy' intensivnogorazvitiyazhivotnovodstva: sbornik nauchnykh trudov. gl. red. VV Velikanov. Gorki: BGSX; 2021;24(1):62-69. (*In Russ.*)].

9. Селионова М.И. Сохранение и рациональное использование генетических ресурсов овец и коз // Животноводство и кормопроизводство. 2019. Т. 102. № 4. С. 272-277. [Selionova MI. Preservation and rational use of sheep and goats genetic resources. Animal Husbandry and Fodder Production. 2019;102(4): 272-277. (*In Russ.*)]. doi: 10.33284/2658-3135-102-4-272

10. 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. [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.*)].doi:10.33284/2658-3135-107-2-107

11. Antunović Z, Mikulić T, Novoselec J, Klir Ž. Fenotipske odlike različitih kategorija mliječnih pashmina koza. Zbornik radova. hrvatskog i 11. međunarodnog simpozija agronoma, Pospišil, M. (ur.), 2016; 51:301-305. Opatija, Hrvatska: 15.-18. veljače.

12. Dinçel D et al. The effect of some environmental factors on growth performance and reproductive traits in Saanen goats. Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology. 2019;7(10):1541-1547. doi: <https://doi.org/10.24925/turjaf.v7i10.1541-1547.2559>

13. De Vasconcelos AM et al. Adaptive profile of Saanen goats in tropical conditions. Biological Rhythm Research. 2021;52(5):748-758. doi: 10.1080/09291016.2019.1603691

14. Fonseca JdS et al. Correlations between body measures with live weight in young male goats. Acta Scientiarum. Animal Sciences. 2021;43:e52881. doi: 10.4025/actascianimsci.v43i1.52881

15. Huang J et al. Effect of feeding level on growth and slaughter performance, and allometric growth of tissues and organs in female growing Saanen dairy goats. Animals. 2024;14(5):730. doi: 10.3390/ani14050730

16. Makamu TC, Madikadike MK, Mokoena K, Tyasi TL. Relationship between body measurement traits, udder measurement traits and milk yield of Saanen goats in Capricorn district of South Africa. Revista Mexicana De Ciencias Pecuarias. 2023;14(2):423-433. doi: 10.22319/rmcp.v14i2.6190

17. Pan S et al. Influence of age, body weight, parity and morphometric traits on litter size in prolific Black Bengal goats. Journal of Applied Animal Research. 2015;43(1):104-111. doi: 10.1080/09712119.2014.928623

18. Sanahmmed AM, Raoof SO, Sartip SS. The effect of genetic and non-genetic factors on birth and weaning weights in Saanen goats. *Journal of Survey in Fisheries Sciences*. 2023;10(3S):4844-4849. doi: 10.17762/sfs.v10i3S.1690
19. Zamuner F, DiGiacomo K, Cameron AWN, Leury BJ. Effects of month of kidding, parity number, and litter size on milk yield of commercial dairy goats in Australia. *Journal of Dairy Science*. 2020;103(1):954-964. doi: 10.3168/jds.2019-17051
20. Žujović M, Memiši N, Bogdanović V, Tomić Z. Correlation between body measurements and milk production of goats in different lactations. *Biotechnology in Animal Husbandry*. 2011;27(2):217-225. doi: 10.2298/BAH1102217Z

References

1. Deniskova TE, Dotsev AV, Fornara MS, Sermyagin AA, Reyer H, Wimmers K, Brem G, Zinovieva NA. The genomic architecture of the Russian population of Saanen goats in comparison with worldwide Saanen gene pool from five countries. *Sel'skokhozyaistvennaya Biologiya [Agricultural Biology]*. 2020;55(2):285-294. doi: 10.15389/agrobiology.2020.2.285eng
2. 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. doi: 10.33284/2658-3135-107-2-49
3. Islamova S. Dairy goat breeding in the republic of Bashkortostan. *Vestnik Bashkir State Agrarian University*. 2020;1(53):78-82. doi: 10.31563/1684-628-2020-53-1-78-82
4. Leibova VB, Pozovnikova MV. Productive qualities and features of the metabolic blood profile in the middle of lactation in Saanen goats (*Capra hircus*) with different ages of the first kidding. *Proc of the Lower Volga Agro-University Comp*. 2021;3(63):234-244. doi: 10.32786/2071-9485-2021-03-24
5. Miroshina TA, Chalova NA. Dairy goat breeding state in Russia and in the world (review). *Bulliten KrasSAU*. 2022;(10):123-130. doi: 10.36718/1819-4036-2022-10-123-130
6. Novopashina SI, Kizilova EI. The milk yield of goats in different periods of lactation and correlation of traits. *Collection of scientific papers of the All-Russian Research Institute of Sheep and Goat Breeding*. 2015;2(8)40-43.
7. The procedure and conditions for the assessment of dairy breeding goats. Approved by order of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation dated May 27, 2019 No. 281. Moscow: Rosinformagrotekh; 2019: 31 p.
8. Rudak AN, German YuI, Budevich AI. Features of the exterior and constitutional qualities of transgenic goats bred in Belarus. *Actual problems of intensive development of animal husbandry: collection of scientific papers*. ed.-in-chief V.V. Velikanov. Gorki: BGSN; 2021;24(1):62-69.
9. Selionova MI. Preservation and rational use of sheep and goats genetic resources. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2019;102(4):272-277. doi: 10.33284/2658-3135-102-4-272
10. 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. doi: 10.33284/2658-3135-107-2-107
11. Antunović Z, Mikulić T, Novoselec J, Klir Ž. Fenotipske odlike različitih kategorija mliječnih pashmina koza. *Zbornik radova hrvatskog i 11. međunarodnog simpozija agronoma, Pospisil, M. (ur.)*, 2016; 51:301-305. Opatija, Hrvatska: 15.-18. veljače.
12. Dinçel D et al. The effect of some environmental factors on growth performance and reproductive traits in Saanen goats. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*. 2019;7(10):1541-1547. doi: <https://doi.org/10.24925/turjaf.v7i10.1541-1547.2559>
13. De Vasconcelos AM et al. Adaptive profile of Saanen goats in tropical conditions. *Biological Rhythm Research*. 2021;52(5):748-758. doi: 10.1080/09291016.2019.1603691
14. Fonseca JdS et al. Correlations between body measures with live weight in young male goats. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*. 2021;43:e52881. doi: 10.4025/actascianimsci.v43i1.52881

15. Huang J et al. Effect of feeding level on growth and slaughter performance, and allometric growth of tissues and organs in female growing Saanen dairy goats. *Animals*. 2024;14(5):730. doi: 10.3390/ani14050730
16. Makamu TC, Madikadike MK, Mokoena K, Tyasi TL. Relationship between body measurement traits, udder measurement traits and milk yield of Saanen goats in Capricorn district of South Africa. *Revista Mexicana De Ciencias Pecuarias*. 2023;14(2):423-433. doi: 10.22319/rmcp.v14i2.6190
17. Pan S et al. Influence of age, body weight, parity and morphometric traits on litter size in prolific Black Bengal goats. *Journal of Applied Animal Research*. 2015;43(1):104-111. doi: 10.1080/09712119.2014.928623
18. Sanahmmed AM, Raoof SO, Sartip SS. The effect of genetic and non-genetic factors on birth and weaning weights in Saanen goats. *Journal of Survey in Fisheries Sciences*. 2023;10(3S):4844-4849. doi: 10.17762/sfs.v10i3S.1690
19. Zamuner F, DiGiacomo K, Cameron AWN, Leury BJ. Effects of month of kidding, parity number, and litter size on milk yield of commercial dairy goats in Australia. *Journal of Dairy Science*. 2020;103(1):954-964. doi: 10.3168/jds.2019-17051
20. Žujović M, Memiši N, Bogdanović V, Tomić Z. Correlation between body measurements and milk production of goats in different lactations. *Biotechnology in Animal Husbandry*. 2011;27(2):217-225. doi: 10.2298/BAH1102217Z

Информация об авторах:

Виктория Борисовна Лейбова, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории генетики и разведения крупного рогатого скота, Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных - филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста», 196601, г. Санкт-Петербург, пос. Тярлево, Московское шоссе, д. 55а, тел.: +7-952-356-79-76.

Марина Владимировна Позовникова, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории молекулярной генетики, Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных - филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста», 196601, г. Санкт-Петербург, пос. Тярлево, Московское шоссе, д. 55а, тел.: +7-960-231-03-21.

Information about the authors:

Viktoria B Leibova, Cand. Sci. (Biology), Senior Researcher Laboratories of Genetics and Cattle Breeding, Russian Research Institute of Farm Animal Genetics and Breeding — Branch of the L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry, 55a Moscow highway, Tyarlevo, St. Petersburg, 196601, tel.: +7-952-356-79-76.

Marina V Pozovnikova, Cand. Sci. (Biology), Senior Researcher Laboratories of Molecular Genetics, Russian Research Institute of Farm Animal Genetics and Breeding — Branch of the L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry, 55a Moscow highway, Tyarlevo, St. Petersburg, 196601, tel.: +7-960-231-03-21.

Статья поступила в редакцию 09.07.2024; одобрена после рецензирования 12.08.2024; принята к публикации 09.09.2024.

The article was submitted 09.07.2024; approved after reviewing 12.08.2024; accepted for publication 09.09.2024.

Животноводство и кормопроизводство. 2024. Т. 107, № 3. С. 57-69.
Animal Husbandry and Fodder Production. 2024. Vol. 107, no 3. P. 57-69.

Обзорная статья
УДК 636.5
doi:10.33284/2658-3135-107-3-57

Использование генов домашнего хозяйства в качестве эталонов при оценке уровня экспрессии у кур

Ольга Сергеевна Романенкова¹

¹Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста, Дубровицы, Россия

¹eridpa@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2682-6164>

Аннотация. Анализ экспрессии генов с помощью метода RT-qPCR даёт представление о сложных биологических регуляторных процессах и является важным подходом, применяющимся в различных исследованиях в области молекулярной биологии. Надёжность и точность результатов RT-qPCR зависит от референсных генов, используемых для нормализации уровня экспрессии целевого гена. В качестве референса наиболее часто используются так называемые гены домашнего хозяйства «домашнего хозяйства» (HKG – house keeping genes). Гены домашнего хозяйства необходимы для поддержания базальной клеточной функции. Ожидается, что они будут стабильно экспрессироваться во всех тканях и органах организма в различных условиях, независимо от стадии развития, пола или внешних стрессовых факторов. Цель данной работы – представить сведения обзорного характера касательно генов, используемых в молекулярной биологии в качестве референсных при оценке уровня экспрессии в различных тканях и органах кур. Были рассмотрены работы авторов и исследовательских коллективов из России и различных стран зарубежья касательно девяти наиболее изученных HKG. Несмотря на большое количество проведённых исследований, не существует универсального гена, применимого для всех экспериментов. Для каждого конкретного случая необходим подбор подходящего эталона.

Ключевые слова: куры, гены домашнего хозяйства, qPCR, экспрессия, *GAPDH*, *HMBS*, *ACTB*, *18SpPHK*, *TBP*, *YWHAZ*, *TFRC*, *HPRT1*, *SDHA*

Благодарности: работа выполнена в соответствии с планом НИР за 2024-2026 гг. ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста ФИЦ (№ FGGN-2024-0015).

Для цитирования: Романенкова О.С. Использование генов домашнего хозяйства в качестве эталонов при оценке уровня экспрессии у кур (обзор) // Животноводство и кормопроизводство. 2024. Т. 107, № 3. С. 57-69. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-107-3-57>

Review article

Using housekeeping genes as references in assessing expression levels in chickens

Olga S Romanenkova¹

¹Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member LK Ernst, Dubrovitsy, Russia

¹eridpa@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2682-6164>

Abstract. Gene expression analysis through RT-qPCR provides insight into complex biological regulatory processes and is an important approach used in various molecular biology studies. The reliability and accuracy of RT-qPCR results depends on the reference genes used to normalize the expression

level of the target gene. The so-called house keeping genes (HKG) are most often used as a reference. Housekeeping genes are essential for maintaining basal cellular function. They are expected to be stably expressed in all tissues and organs of the body under various conditions, regardless of developmental stage, sex or external stress factors. The purpose of this work is to provide overview information regarding genes used in molecular biology as reference genes when assessing the level of expression in various tissues and organs of chickens. The works of authors and research teams from Russia and various foreign countries regarding the nine most studied HKGs were reviewed. Despite the large number of studies conducted, there is no universal gene applicable to all experiments. For each specific case, it is necessary to select a suitable standard.

Keywords: chickens, housekeeping genes, qPCR, expression, *GAPDH*, *HMBS*, *ACTB*, *18SrRNA*, *TBP*, *YWHAZ*, *TFRC*, *HPRT1*, *SDHA*

Acknowledgments: the work was performed in accordance to the plan of research works for 2024-2026 L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry (No. FGGN-2024-0015).

For citation: Romanenkova OS. Using housekeeping genes as references in assessing expression levels in chickens (review). *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2024;107(3):57-69. (In Russ.). <https://doi.org/10.33284/2658-3135-107-3-57>

Введение.

Исследование экспрессии генов представляет собой один из важнейших методов характеристики биологических процессов в животноводстве и птицеводстве. Кормление, условия содержания, различные стрессы, породная и линейная принадлежность птицы, всё это оказывает влияние на экспрессию генов в различных тканях и органах животного. Количественная полимеразная цепная реакция в реальном времени (кПЦР, qPCR) представляет собой наиболее экономичный, эффективный и надежный метод измерения уровней экспрессии генов. Надежность окончательного результата количественного определения во многом зависит от всех элементов рабочего процесса, таких как качество входной матрицы (целостность РНК и отсутствие ингибиторов), обратной транскрипции и эффективности qPCR. Чтобы учесть влияние этих факторов и избежать ошибок в интерпретации конечного результата необходимой является нормализация экспрессии целевого гена с помощью внутреннего стандарта, также называемого эталонным геном (Zhao D et al., 2019). Идеальные эталонные гены стабильно экспрессируются во всех видах тканей и клеток, и на их экспрессию не влияют окружающая среда, условия эксперимента или другие факторы. Гены домашнего хозяйства (HKG – house keeping genes) по определению представляют собой гены, необходимые для поддержания базальной клеточной функции, независимо от их конкретной роли в ткани или организме (Joshi CJ et al., 2022). В ходе проведения анализа обычно возникают два типа проблем. Во-первых, экспрессия HKG может значительно варьироваться в разных тканях и в разных экспериментальных условиях. Во-вторых, большинство генов домашнего хозяйства имеют очень высокий уровень экспрессии, что часто приводит к значительной разнице между количеством их транскриптов относительно количества транскриптов целевого гена. Обе эти причины могут привести к неправильной интерпретации экспериментальных данных, особенно в тех случаях, когда для контроля используется только один ген (Renganathan VG et al., 2023). Поэтому выбор подходящих эталонных генов, которые устойчиво экспрессируются в конкретной ткани, клетке или биологическом процессе, очень важен для точной количественной оценки уровня экспрессии функциональных генов.

Цель работы.

Представить сведения обзорного характера касательно генов, используемых в молекулярной биологии в качестве референсных при оценке уровня экспрессии в различных тканях и органах кур.

Материалы и методы исследования.

Объект исследования. В качестве материалов для обзора были использованы различные литературные источники, в которых были представлены данные исследований по определению спектра генов «домашнего хозяйства» у кур, находящиеся в электронных базах данных PubMed и Elibrary за период с 2003 по 2023 годы. В поисковых запросах были использованы следующие основные ключевые слова и комбинации: куры, гены домашнего хозяйства, qPCR, экспрессия, normalization, qPCR, reference gene, chickens, housekeeping genes.

Результаты исследования и их обсуждение.

Наиболее часто используемыми генами «домашнего хозяйства» являются глицеральдегид-3-фосфатдегидрогеназа (*GAPDH*), бета-актин (*ACTB*), гидроксиметилбилансинтаза (*HMBS*) и *18SpPHK*. По данным Chapman с соавторами (2015), среди всех генов домашнего *ACTB* использовался в 38 % исследований, *GAPDH* использовался в 37 %, *18SpPHK* использовалась несколько реже – в 12 % исследований. *GAPDH* и *ACTB* наиболее часто включались в панель тестируемых генов (*GAPDH*=89 %, *ACTB*=86 %); *18SpPHK* была включена чуть менее чем в половину (48 %) исследований (Chapman JR et al., 2015).

Ген *GAPDH* кодирует фермент глицеральдегид-3-фосфатдегидрогеназу, который катализирует реакцию гликолиза, а также непосредственно участвует в транскрипционной и посттранскрипционной регуляции генов, везикулярном транспорте, рецептор-опосредованной передаче сигналов в клетках, и поддержании целостности ДНК. Несмотря на множественность функций *GAPDH* в соматических клетках, этот белок кодируется единственным структурным геном и представлен в клетках только одним типом транскриптов (Косова А.А. и др., 2017). В исследованиях, выполняемых лабораторией молекулярной генетики Всероссийского научно-исследовательского института генетики и разведения сельскохозяйственных животных, *GAPDH* в сочетании с другими НКГ используется в качестве референсного гена изучения транскрипционной активности гена *LCORL* в печени и кишечнике различных пород кур (Баркова О.Ю., 2023). Herrera-Sánchez MP с коллегами (2023) проводили проверку четырёх генов (*GAPDH*, *ACTB*, *18SpPHK*, *HMBS*) по идентификации предпочтительных референсных генов у кур при различных системах содержания (в клетках и на свободном выгуле). Наиболее стабильный уровень экспрессии в селезенке имел *GAPDH* при клеточной системе содержания, и *HMBS* при содержании животных на свободном выгуле. Хотя *GAPDH* широко используется в качестве внутреннего контроля для нормализации данных в qPCR анализе, проводимом на различных тканях и органах кур (Chen XY et al., 2014; Regassa A and Kim WK, 2015; Kurniawan A et al., 2023), имеются данные что уровень экспрессии данного гена может меняться с возрастом и характером питания. Результаты исследования Mozdziak PE с коллегами (2003) на тканях большой грудной мышцы цыплят показывают, что отсутствие кормления приводило к более низкому уровню мРНК *GAPDH* ($P<0.05$) через 3 дня после вылупления по сравнению с цыплятами, получавшими корм. При этом уровень экспрессии *GAPDH* был значительно выше в обеих группах ($P<0.05$) на 7 й день после вылупления.

Ген *HMBS* кодирует фермент гидроксиметилбилансинтаза, который участвует в пути биосинтеза гема посредством катализа конденсации четырех молекул порфобилиногена в линейный гидроксиметилбилан (Sato H et al., 2021). Этот ген использовался для стандартизации данных qPCR у многих видов птицы, в разных тканях и возрастах (Yuan ZW et al., 2022; Dayan J et al., 2023; Wang Y et al., 2020). Hassanpour H с соавторами (2018) в исследовании тканей сердца и легких кур с легочной гипертензией выявили *HMBS* вместе с *YWHAZ* и *RPL13* как наиболее подходящая комбинация для нормализации количественных данных. В последующей работе, посвящённой влиянию теплового стресса на экспрессию девяти генов в репродуктивных тканях птиц *HMBS* в сочетании с *YWHAZ* и *HPRT1*, так же был идентифицирован в качестве эталонного гена для тканей репродуктивной системы (яичников и матки) (Hassanpour H et al., 2019). Помимо того, исследования de Sousa FCB с коллегами (2021) показали, что *HMBS* обладает хорошей стабильностью у перепе-

лов, а Paludo AMG с соавторами (2017) использовали *HMBS* в качестве эндогенного гена для изучения тканей костей бройлеров в возрасте 45 дней, пораженных некрозом головки бедренной кости.

Ген *ACTB* кодирует β -актин, который является важным белком цитоскелета. Данный белок широко представлен в цитоплазме и ядре, и участвует в поддержании морфологии клеток, их миграции и пролиферации, ремоделировании хроматина и модификации гистонов (Wang XT et al., 2021). Благодаря высокому уровню экспрессии в клетках ген β -актина часто используется в качестве контроля во многих исследованиях, в том числе и на курицах (Ślawińska A et al., 2013; Stadnicka K et al., 2018; Баркова О.Ю., 2021). Xiang W с коллегами (2017) было подтверждено, что ген *ACTB* присутствует в курином геноме в виде единственной копии и является полезным эталонным геном для обнаружения следов курицы в кормах и продуктах питания. Так же ген β -актина (*ACTB*) и ген рибосомного белка L4 (*RPL4*) оказались лучшими референсными генами для измерения уровней репликации вируса H5N1 в фибробластах эмбрионов кур (Yue H et al., 2010). Результаты работы Lenart J с соавторами (2017) на однодневных цыплятах породы красный род-айленд впервые показывают, что *ACTB*, широко используемый в исследованиях на птицах, не подходит для анализа экспрессии генов в мозге кур.

Большая группа генов домашнего хозяйства, находящих широкое применение в исследованиях по экспрессии, это гены, кодирующих универсальные рибосомные белки. Они включают в себя 34 представителя, обнаруживаемых в рибосомах большинства исследованных организмов: 15 белков малой (S2–S5, S7–S15, S17 и S19) и 19 белков большой (L1–L6, L10–L15, L18, L22–L24, L29, L30 и L7ae) рибосомных субчастиц (Коробейникова А.В. и др., 2012). Mogilicherla K с коллегами (2022) выполняли исследование экспрессии с помощью кПЦР 30 эталонных генов в различных тканях органов курицы. Результат позволил сделать вывод, что наиболее предпочтительными генами являются *RPL23* для грудной мышцы, *RPL14* и *RPL13* для мышцы бедра, и *RPL5* и *18S* для желудка. *RPL13* также был определен как имеющий стабильную экспрессию в яйчниках и матке кур-несушек, в селезенке, печени и слепой кишке. Рибосомальный белок *18S* (малая субъединица ядерной рибосомальной РНК) является одним из самых хорошо описанных генов «домашнего хозяйства», имеющим равномерный уровень экспрессии в различных тканях птицы, включая фолликулы яичников (Qin N et al., 2020) и магнум при содержании животных на свободном выгуле (Rodríguez-Hernández R et al., 2021). Результаты исследования Na W с коллегами (2021) показали, что *RPL13* устойчиво экспрессируется во время дифференцировки первичных преадипоцитов курицы, гены *TBP* и *HMBS* оказались наиболее устойчивыми в непосредственно изолированных преадипоцитах и зрелых адипоцитах, а также в течение процесса роста и развития брюшной жировой ткани бройлеров (Na W et al., 2021). Hul LM с соавторами (2020) по результатам анализа 9 генов-кандидатов рекомендовали *RPLP1* и *RPL5* как наиболее надёжные эндогенные контроли для исследования экспрессии в тканях хряща бедренной кости бройлеров, подверженных эпифизеолизу и другим аномалиями бедренной кости.

ТАТА-бокс-связывающий белок (*TBP*) играет очень важную роль в инициации транскрипции. Он участвует в сборке преинициативного комплекса (PIC) большинства эукариотических клеток, специфически взаимодействуя с ДНК последовательностями промоторов большинства генов класса II, а также некоторых генов класса III (Di Pietro C et al., 2007). Ген *TBP* является эталонным геном, который экспрессируется во многих тканях кур. Simon A с коллегами (2018) проанализировали экспрессию 10 потенциальных НКГ в гипоталамусе цыплят при трех различных условиях питания с использованием алгоритмов BestKeeper, GeNorm, NormFinder, 1Ct и алгоритма многомерного линейного моделирования со смешанными эффектами, и обнаружили, что *TBP* был одним из наиболее стабильных генов в гипоталамусе кур. Khan S с соавторами (2017) также идентифицировали *TBP* в паре с *YWHAZ* как два контрольных гена для нормализации данных по экспрессии в скорлуповой железе и селезенке кур, зараженных вирусом инфекционного бронхита.

YWHAZ, также известный как ген белка активации тирозин-3-монооксигеназы/триптофан-5-монооксигеназы дзета, который принадлежит к семейству белков 14-3-3, являются высококонсервативными и экспрессируются во всех эукариотических организмах. Связываясь со своими много-

численными белками-мишенями, они регулируют широкий спектр клеточных событий, таких как передача сигнала, апоптоз, прогрессирование клеточного цикла, метаболические процессы, процессы, рост клеток и миграция клеток (Wan RP et al., 2023). В исследовании Bagés с коллегами (2015), проведенном на четырех видах тканей кур, комбинация *YWHAZ* и *TBP* была рекомендована для анализа тканей двуглавой мышцы бедра и печени, а комбинация *YWHAZ* и *RPL32* для анализа большой грудной мышцы. Согласно данным Boo SY с соавторами (2020), по экспрессии в лимфоцитах кур, инфицированных вирусом инфекционной бурсальной болезни *GAPDH* и *YWHAZ* являлись наиболее стабильными эталонными генами, а *RPL4* и *YWHAZ* были наиболее предпочтительными для клеток, инфицированных вирусом H5N1.

Рецептор трансферрина (TFRC) представляет собой трансмембранный гликопротеин, который опосредует эндоцитоз ионов железа из циркулирующего ферритина в клетки для поддержания внутриклеточного гомеостаза железа (Kim H et al., 2023). TFRC состоит из двух гомологичных субъединиц (90 кДа), соединенных дисульфидными связями, с небольшим цитоплазматическим доменом и большим внеклеточным доменом. Mitra T с коллегами (2016) с помощью методов GeNorm, NormFinder, BestKeeper, 1Ct и RefFinder идентифицировали *TBP* как референсный ген в тканях селезенки, печени, слепой кишки и миндалин слепой кишки кур-несушек. Наиболее равномерно экспрессируемым геном в исследованных тканях кур-несушек, независимо от инфицирования патогеном *Histomonas meleagridis* был ген *RPL13*. *TBP* и *TFRC* также оказались стабильными; однако для *TFRC* наблюдались несколько более высокие различия в уровнях экспрессии гена в тканях инфицированных животных. Также *TFRC* может использоваться в качестве эталонного гена наряду с *RPL13* и *TBP* для индеек (Mitra T et al., 2016). Однако результаты работы Nascimento CS с соавторами (2015), проведенной на 168 бройлерах кросса Кобб 500 установили, что *TFRC* и бета-2-микроглобулин (*B2M*) являются наименее подходящими для экспериментов на клетках большой грудной мышцы кур, тогда как гидроксиметилбилансинтаза (*HMBS*) и гипоксантинфосфорибозилтрансфераза 1 (*HPRT1*) являются наиболее предпочтительными эталонными генами.

Гипоксантинфосфорибозилтрансфераза 1 (*HPRT1*) кодирует фермент, который в основном участвует в клеточном цикле посредством регуляции продукции пурина и инозина по «пути спасения» (Yin J et al., 2023). Этот ген высоко экспрессируется в большинстве тканей и имеет только один функциональный транскрипт. Хотя *HPRT1* широко используется в качестве референсного гена домашнего хозяйства во многих исследованиях (Hoyle AS et al., 2020; Yang J et al., 2022), имеются сведения, что *HPRT1*, характеризуется повышенной экспрессией в быстро пролиферирующих клетках, таких как новообразования, из-за повышенной потребности в синтезе нуклеотидов во время клеточного цикла (Wu T et al., 2022). В исследованиях на курах, *HPRT1* вместе с *HMBS* были рекомендованы для анализа уровня экспрессии генов на разных стадиях формирования яичной скорлупы в скорлуповой железе в ответ на скормливание никарбазина курам-несушкам (Samiullah S et al., 2017).

Сукцинатдегидрогеназа (СДГ, SDH), также известная как митохондриальный комплекс II, играет важную роль как в цикле Кребса, так и в цепи переноса электронов, катализируя окисление сукцината до фумарата и восстановление убихинона до убихинола (White G et al., 2019). Комплекс SDH состоит из белков, кодируемых *SDHA*, *SDHB*, *SDHC*, *SDHD* и *SDHAF2* (Wagner AJ et al., 2013). Dunislawska A с коллегами (2020) проверили семь потенциальных эталонных генов с использованием RT-qPCR, чтобы определить наиболее подходящую пару в клеточной линии DT40 курицы, полученной из клеток бурсальной лимфомы, которые подверглись ретровирусной инфекции птиц RAV-1. Анализ эталонных генов проводился с использованием статистических инструментов, объединяющих четыре независимых метода — geNorm, Best Keeper, NormFinder, delta Ct и RefFinder. Полное исследование относительной экспрессии генов показало, что *SDHA* и *RPL4* представляют собой хороший внутренний контроль (Dunislawska A et al., 2020). Katarzyńska-Banasik D с коллегами (2017) исследовали восемь НКГ: *HPRT*, *HMBS*, *VIM*, *SDHA*, *TBP*, *RPL13*, *GAPDH* и *18S pPHK*. По данным алгоритма geNorm, лучшей комбинацией являлись *SDHA* и *TPP*.

Алгоритм NormFinder также выбрал *SDHA* как наиболее подходящий ген в сочетании с *RPL13* для исследований экспрессии генов в тканях куриных яичников (Katarzyńska-Banasik D et al., 2017).

Анализ экспрессии генов часто используется для анализа реакции на вирусную инфекцию, а *18SPHK*, *SHDA* и представляют собой популярные гены домашнего хозяйства, часто используемые для нормализации экспрессии генов. В исследовании Yang F с соавторами (2013) *RPL30* и *SDHA* были признаны подходящими для использования в качестве контрольных для ПЦР-РВ анализа в культуре фибробластов эмбрионов кур, инфицированных вирусом лейкоза птиц J (ALV-J), тогда как обычно используемые *ACTB* и *GAPDH* не подходили в качестве эталонных генов. Yin R с коллегами (2011) проводили отбор генов «домашнего хозяйства» для нормализации экспрессии в фибробластах эмбрионов кур, инфицированных вирусом болезни Ньюкасла. Результаты показали, что *ACTB*, *HPRT1* и *HMBS* являются ценными и стабильными НКГ, тогда как экспрессия *18SPHK*, *GAPDH* и *SHDA* в значительной степени варьируется в ходе течения инфекции и, таким образом, они не могут быть использованы для нормализации данных кПЦР. Эти исследования подчеркивают, что даже самые популярные НКГ, такие как *18SPHK* и *GAPDH*, могут привести к значительным ошибкам в интерпретации результатов эксперимента, если предварительно не провести комплексную полногеномную оценку экспрессии, оценить их пригодность, для каждого вида тканей курицы (Hasanpur K et al., 2022).

Заключение.

Количественная полимеразная цепная реакция по-прежнему остается лучшим методом для анализа экспрессии генов, однако, за исключением нескольких примеров, трудно прийти к однозначному выводу, какие гены можно считать эталонными для исследований на курах. Как следует из обзора, значительное количество факторов внешней и внутренней среды организма приводят к изменению экспрессии проверенных и хорошо описанных НКГ. Поэтому поиск новых референсных генов, а также изучение уже известных в различных тканях при различных условиях постоянно остаётся актуальной задачей молекулярной биологии.

Список источников

1. Баркова О.Ю. Анализ уровня экспрессии гена LCORL в печени у контрастных пород кур // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2023. № 1(69). С. 383-390. [Barkova OYu. Analysis of LCORL gene expression in liver in contrast chicken breeds. Proceedings of Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Education. 2023;1(69):383-390. (In Russ.)]. doi: 10.32786/2071-9485-2023-01-42
2. Баркова О.Ю., Вахрамеев А.Б. Изучение транскрипционной активности последовательности CR523443 в зависимости от генотипа кур породы русская белая // Птицеводство. 2021. № 9. С. 4-8. [Barkova OYu, Vakhrameev AB. The genotype and tissue related differences in the transcriptional activity of CR523443 sequence in Russian white chicken breed. Pticevodstvo. 2021;9:4-8. (In Russ.)]. doi: 10.33845/0033-3239-2021-70-9-4-8
3. Коробейникова А.В., Гарбер М.Б., Гонгадзе Г.М. Рибосомные белки: структура, функция и эволюция // Биохимия. 2012. №. 77(6). С. 686-700. [Korobeinikova AV, Garber MB, Gongadze GM. Ribosomal proteins: structure, function, and evolution. Biochemistry. 2012;77(6):686-700. (In Russ.)].
4. Косова А.А., Ходырева С.Н., Лаврик О.И. Роль глицеральдегид-3-фосфатдегидрогеназы (GAPDH) в репарации ДНК // Биохимия. 2017. № 82(6). С. 859-872. [Kosova AA, Khodyreva SN, Lavrik OI. Role of glyceraldehyde-3-phosphate dehydrogenase (GAPDH) in DNA repair. Biochemistry. 2017;82(6):859-872. (In Russ.)].

5. Wang X.T., Cheng K., Zhu L. Гипоксия ускоряет экспрессию β -актина через активацию транскрипции АСТВ ядерным фактором дыхания-1 // Молекулярная биология. 2021. Т. 55. № 3. 460-467. [Wang XT, Cheng K, Zhu L. Hypoxia accelerate β -actin expression through transcriptional activation of ACTB by nuclear respiratory Factor-1. Molekulyarnaya Biologiya. 2021;55(3):460-467. (*In Russ.*)]. doi: 10.31857/S0026898421030186
6. Bagés S, Estany J, Tor M, Pena RN. Investigating reference genes for quantitative real-time PCR analysis across four chicken tissues. *Gene*. 2015;561(1):82-87. doi: 10.1016/j.gene.2015.02.016
7. Boo SY, Tan SW, Alitheen NB, et al. Identification of reference genes in chicken intraepithelial lymphocyte natural killer cells infected with very-virulent infectious bursal disease virus. *Scientific Reports*. 2020;10:8561. doi: 10.1038/s41598-020-65474-3
8. Chapman JR, Waldenström J. With reference to reference genes: a systematic review of endogenous controls in gene expression studies. *PLoS ONE*. 2015;10(11):e0141853. doi: 10.1371/journal.pone.0141853
9. Chen XY, Li R, Wang M, Geng ZY. Identification of differentially expressed genes in hypothalamus of chicken during cold stress. *Molecular Biology Reports*. 2014;41(4):2243-2248. doi: 10.1007/s11033-014-3075-z
10. Dayan J, Melkman-Zehavi T, Goldman N, Soglia F, Zampiga M, Petracci M, Sirri F, Braun U, Inhuber V, Halevy O, Uni Z. In-ovo feeding with creatine monohydrate: implications for chicken energy reserves and breast muscle development during the pre-post hatching period. *Frontiers in Physiology*. 2023;14:1296342. doi: 10.3389/fphys.2023.1296342
11. De Sousa FCB, do Nascimento CS, Macário MDS, et al. Selection of reference genes for quantitative real-time PCR normalization in European quail tissues. *Molecular Biology Reports*. 2021;48(1):67-76. doi: 10.1007/s11033-020-06134-7
12. Di Pietro C, Ragusa M, Duro L, et al. Genomics, evolution, and expression of TBPL2, a member of the TBP family. *DNA and Cell Biology*. 2007; 26(6):369-85. doi: 10.1089/dna.2006.0527
13. Dunislawski A, Slawinska A, Siwek M. Validation of the reference genes for the gene expression studies in chicken DT40 cell line. *Genes (Basel)*. 2020; 11(4):372. doi: 10.3390/genes11040372
14. Hasanpur K, Hosseinzadeh S, Mirzaaghayy A, Alijani S. Investigation of chicken housekeeping genes using next-generation sequencing data. *Frontiers in Genetics*. 2022;13:827538. doi: 10.3389/fgene.2022.827538
15. Hassanpour H, Aghajani Z, Bahadoran S, et al. Identification of reliable reference genes for quantitative real-time PCR in ovary and uterus of laying hens under heat stress. *Stress*. 2019;22(3):387-394. doi: 10.1080/10253890.2019.1574294
16. Hassanpour H, Bahadoran S, Farhadfar, F et al. Identification of reliable reference genes for quantitative real-time PCR in lung and heart of pulmonary hypertensive chickens. *Poultry Science*. 2018;97(11):4048-4056. doi: 10.3382/ps/pey258
17. Herrera-Sánchez MP, Lozano-Villegas KJ, Rondón-Barragán IS, et al. Identification of reference genes for expression studies in the liver and spleen of laying hens housed in cage and cage-free systems. *Open Veterinary Journal*. 2023;13(3):270-277. doi: 10.5455/OVJ.2023.v13.i3.3
18. Hoyle AS, Menezes A C B, Nelson MA, Swanson K C, Vonnahme KA, Berg EP, Ward AK. Fetal expression of genes related to metabolic function is impacted by supplementation of ground beef and sucrose during gestation in a swine model. *Journal of Animal Science*. 2020;98(8):skaa232. doi: 10.1093/jas/skaa232
19. Hul LM, Ibelli AMG, Peixoto JdO, Souza MR, Savoldi IR, Marcelino DEP, et al. Reference genes for proximal femora lepiophysiolysis expression studies in broilers cartilage. *Reference genes*

for proximal femoralepiphyseal expression studies in broilers cartilage. PLoS ONE. 2020;15(8):e0238189. doi: 10.1371/journal.pone.0238189

20. Joshi CJ, Ke W, Drangowska-Way A, O'Rourke EJ, Lewis NE. What are housekeeping genes? PLoS Computational Biology. 2022;18(7):e1010295. doi: 10.1371/journal.pcbi.1010295

21. Katarzyńska-Banasik D, Grzesiak M, Sechman A. Selection of reference genes for quantitative real-time PCR analysis in chicken ovary following silver nanoparticle treatment. Environmental Toxicology and Pharmacology. 2017;56:186-190. doi: 10.1016/j.etap.2017.09.011

22. Khan S, Roberts J, Wu S. Reference gene selection for gene expression study in shell gland and spleen of laying hens challenged with infectious bronchitis virus. Scientific Reports. 2017;7:14271. doi: 10.1038/s41598-017-14693-2

23. Kim H, Villareal LB, Liu Z, et al. Transferrin receptor-mediated iron uptake promotes colon tumorigenesis. Advanced Science. 2023;10(10):e2207693. doi: 10.1002/advs.202207693

24. Kurniawan A, Natsir MH, Suyadi S, Sjoefjan O, Nuningtyas YF, Ardiantoro A, Furqon A, Lestari SP. The effect of feeding with different protein levels on internal organ weight and gene expression of MEF2A and ATF3 in crossbred local chicken using RT-PCR. Journal of Genetic Engineering & Biotechnology. 2023; 21(1):83. doi: 10.1186/s43141-023-00533-6

25. Lenart J, Kogut K, Salinska E. Lateralization of housekeeping genes in the brain of one-day old chicks. Gene Expression Patterns. 2017;25-26:85-91. doi: 10.1016/j.gep.2017.06.006

26. Mitra T, Bilic I, Hess M, Liebhart D. The 60S ribosomal protein L13 is the most preferable reference gene to investigate gene expression in selected organs from turkeys and chickens, in context of different infection models. Veterinary Research. 2016;47:105. doi: 10.1186/s13567-016-0388-z

27. Mogilicherla K, Athe RP, Chatterjee RN, Bhattacharya TK. Identification of suitable reference genes for normalization of quantitative real-time PCR-based gene expression in chicken (*Gallus gallus*). Animal Genetics. 2022;53(6):881-887. doi: 10.1111/age.13252

28. Mozdziak PE, Dibner JJ, McCoy DW. Glyceraldehyde-3-phosphate dehydrogenase expression varies with age and nutrition status. Nutrition. 2003; 19(5):438-440. doi: 10.1016/s0899-9007(02)01006-7

29. Na W, Wang Y, Gong P, et al. Screening of reference genes for RT-QPCR in chicken adipose tissue and adipocytes. Frontiers in Physiology. 2021;12:676864. doi: 10.3389/fphys.2021.676864

30. Nascimento CS, Barbosa LT, Brito C, et al. Identification of suitable reference genes for Real Time quantitative polymerase chain reaction assays on pectoralis major muscle in chicken (*Gallus gallus*). PLoS ONE. 2015; 10(5):e0127935. doi: 10.1371/journal.pone.0127935

31. Paludo E, Ibelli AMG, Peixoto JO, Tavernari FC, Lima-Rosa CAV, Pandolfi JRC, Ledur MC. The involvement of RUNX2 and SPARC genes in the bacterial chondronecrosis with osteomyelitis in broilers. Animal. 2017;11(6):1063-1070. doi: 10.1017/S1751731116002433

32. Qin N, Shan X, Sun X, et al. Evaluation and validation of the six housekeeping genes for normalizing mRNA expression in the ovarian follicles and several tissues in chicken. Brazilian Journal of Poultry Science. 2020;22(03). doi: 10.1590/1806-9061-2019-1256

33. Regassa A, Kim WK. Transcriptome analysis of hen preadipocytes treated with an adipogenic cocktail (DMIOA) with or without 20(S)-hydroxylcholesterol. BMC Genomics. 2015;16(1):91. doi: 10.1186/s12864-015-1231-z

34. Renganathan VG, Renuka R, Vanniarajan C, Raveendran M, Elangovan A. Selection and validation of reliable reference genes for quantitative real-time PCR in Barnyard millet (*Echinochloa* spp.) under varied abiotic stress conditions. Scientific Reports. 2023;13(1):15573. doi: 10.1038/s41598-023-40526-6

35. Rodríguez-Hernández R, Oviedo-Rondón EO, Rondón- Barragán IS. Identification of reliable reference genes for expression studies in the magnum of laying hens housed in cage and cage- free systems. *Veterinary Medicine and Science*. 2021;7(5):1890-1898. doi: 10.1002/vms3.507
36. Samiullah S, Roberts J, Wu SB. Reference gene selection for the shell gland of laying hens in response to time-points of eggshell formation and nicarbazin. *PLoS One*. 2017;12(7):e0180432. doi: 10.1371/journal.pone.0180432
37. Sato H, Sugishima M, Tsukaguchi M, et al. Crystal structures of hydroxymethylbilane synthase complexed with a substrate analog: a single substrate-binding site for four consecutive condensation steps. *The Biochemical Journal*. 2021; 478(5):1023-1042. doi: 10.1042/BCJ20200996
38. Simon Á, Jávora A, Bai P, Oláh J, Czeglédi L. Reference gene selection for reverse transcription quantitative polymerase chain reaction in chicken hypothalamus under different feeding status. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 2018;102(1):286-296. doi: 10.1111/jpn.12690
39. Sławińska A, D'Andrea M, Pilla F, Bednarczyk M, Siwek M. Expression profiles of Toll-like receptors 1, 2 and 5 in selected organs of commercial and indigenous chickens. *Journal of Applied Genetics*. 2013;54(4):489-92. doi: 10.1007/s13353-013-0161-1
40. Stadnicka K, Sławińska A, Dunisławska A, et al. Molecular signatures of epithelial oviduct cells of a laying hen (*Gallus gallus domesticus*) and quail (*Coturnix Japonica*). *BMC Developmental Biology*. 2018;18(1):9. doi: 10.1186/s12861-018-0168-2
41. Wagner AJ, Remillard SP, Zhang YX, Doyle LA, George S, Hornick JL. Loss of expression of SDHA predicts SDHA mutations in gastrointestinal stromal tumors. *Mod Pathol*. 2013;26(2):289-94. doi: 10.1038/modpathol.2012.153
42. Wan RP, Liu ZG, Huang XF, Kwan P, Li YP, Qu XC, Ye XG, Chen FY, Zhang DW, He MF, Wang J, Mao YL, Qiao JD. YWHAZ variation causes intellectual disability and global developmental delay with brain malformation. *Human Molecular Genetics*. 2023;32(3):462-472. doi: 10.1093/hmg/ddac210
43. Wang Y, Zhang J, Patrick K, Li M, Gong J, Xu B, Shen Q, Yang Y, Wei L, Zhang Y, Peng D, Ye J, Poudel A, Wang C. Hydroxymethylbilane synthase (HMBS) gene-based endogenous internal control for avian species. *AMB Express*. 2020; 10(1):181. doi: 10.1186/s13568-020-01112-5
44. White G, Tufton N, Akker SA. First-positive surveillance screening in an asymptomatic SDHA germline mutation carrier. *Endocrinology, Diabetes & Metabolism Case Reports*. 2019;2019(1):19-0005. doi: 10.1530/EDM-19-0005
45. Wu T, Jiao Z, Li Y, Su X, Yao F, Peng J, Chen W, Yang A. HPRT1 promotes chemoresistance in oral squamous cell carcinoma via activating MMP1/PI3K/akt signaling pathway. *Cancers (Basel)*. 2022;14(4):855. doi: 10.3390/cancers14040855
46. Xiang W, Shang Y, Wang Q, et al. Identification of a chicken (*Gallus Gallus*) endogenous reference gene (ACTB) and its application in meat adulteration. *Food Chemistry*. 2017;1(234):472-478. doi: 10.1016/j.foodchem.2017.05.038
47. Yang F, Lei X, Rodríguez-Palacios A, Tang C, Yue H. Selection of reference genes for quantitative real-time PCR analysis in chicken embryo fibroblasts infected with avian leukosis virus subgroup J. *BMC Research Notes*. 2013;6:402. doi: 10.1186/1756-0500-6-402
48. Yang J, Mao Zh, Wang X, Zhuang J, Gong S, Gao Zh, Xu G, Yang N, Sun C. Identification of crucial genes and metabolites regulating the eggshell brownness in chicken. *BMC Genomics*. 2022;23(1):761. doi: 10.1186/s12864-022-08987-7
49. Yin J, Wang X, Ge X, Ding F, et al. Hypoxanthine phosphoribosyl transferase 1 metabolizes temozolomide to activate AMPK for driving chemoresistance of glioblastomas. *Nature Communications*. 2023;14(1):5913. doi: 10.1038/s41467-023-41663-2

50. Yin R, Liu X, Liu C, Ding Z, Zhang X, Tian F, Liu W, Yu J, Li L, Hrabé de Angelis M, Stoeger T. Systematic selection of housekeeping genes for gene expression normalization in chicken embryo fibroblasts infected with Newcastle disease virus. *Biochemical and Biophysical Research Communications*. 2011;413(4):537-40. doi: 10.1016/j.bbrc.2011.08.131
51. Yuan ZW, Zhang XH, Pang YZ, Qi YX, Wang QK, Ren SW, Hu YQ, Zhao YW, Wang T, Huo LK. Screening of stably expressed internal reference genes for quantitative real-time PCR analysis in quail. *Biology Bulletin*. 2022;49(5):418-427. doi: 10.1134/S1062359022050223
52. Yue H, Lei XW, Yang FL, Li MY, Tang C. Reference gene selection for normalization of PCR analysis in chicken embryo fibroblast infected with H5N1 AIV. *Virol Sin*. 2010;25(6):425-431. doi: 10.1007/s12250-010-3114-4
53. Zhao D, Wang X, Chen J, Huang Z, Huo H, Jiang C, Huang H, Zhang C, Wei S. Selection of reference genes for qPCR normalization in buffalobur (*Solanum rostratum* Dunal). *Scientific Reports*. 2019;9(1):6948. doi: 10.1038/s41598-019-43438-6

References

1. Barkova OYu. Analysis of LCORL gene expression in liver in contrast chicken breeds. *Proceedings of Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Education*. 2023;1(69):383-390. doi: 10.32786/2071-9485-2023-01-42
2. Barkova OYu, Vakhrameev AB. The genotype and tissue related differences in the transcriptional activity of CR523443 sequence in Russian white chicken breed. *Poultry Breeding*. 2021;9:4-8. doi: 10.33845/0033-3239-2021-70-9-4-8
3. Korobeinikova AV, Garber MB, Gongadze GM. Ribosomal proteins: structure, function, and evolution. *Biochemistry*. 2012;77(6):686-700.
4. Kosova AA, Khodyreva SN, Lavrik OI. Role of glyceraldehyde-3-phosphate dehydrogenase (GAPDH) in DNA repair. *Biochemistry*. 2017;82(6):859-872.
5. Wang XT, Cheng K, Zhu L. Hypoxia accelerate β -actin expression through transcriptional activation of ACTB by nuclear respiratory Factor-1. *Molecular Biology*. 2021;55(3):460-467. doi: 10.31857/S0026898421030186
6. Bagés S, Estany J, Tor M, Pena RN. Investigating reference genes for quantitative real-time PCR analysis across four chicken tissues. *Gene*. 2015;561(1):82-87. doi: 10.1016/j.gene.2015.02.016
7. Boo SY, Tan SW, Alitheen NB, et al. Identification of reference genes in chicken intraepithelial lymphocyte natural killer cells infected with very-virulent infectious bursal disease virus. *Scientific Reports*. 2020;10:8561. doi: 10.1038/s41598-020-65474-3
8. Chapman JR, Waldenström J. With reference to reference genes: a systematic review of endogenous controls in gene expression studies. *PLoS ONE*. 2015;10(11):e0141853. doi: 10.1371/journal.pone.0141853
9. Chen XY, Li R, Wang M, Geng ZY. Identification of differentially expressed genes in hypothalamus of chicken during cold stress. *Molecular Biology Reports*. 2014;41(4):2243-2248. doi: 10.1007/s11033-014-3075-z
10. Dayan J, Melkman-Zehavi T, Goldman N, Soglia F, Zampiga M, Petracci M, Sirri F, Braun U, Inhuber V, Halevy O, Uni Z. In-ovo feeding with creatine monohydrate: implications for chicken energy reserves and breast muscle development during the pre-post hatching period. *Frontiers in Physiology*. 2023;14:1296342. doi: 10.3389/fphys.2023.1296342

11. De Sousa FCB, do Nascimento CS, Macário MDS, et al. Selection of reference genes for quantitative real-time PCR normalization in European quail tissues. *Molecular Biology Reports*. 2021;48(1):67-76. doi: 10.1007/s11033-020-06134-7
12. Di Pietro C, Ragusa M, Duro L, et al. Genomics, evolution, and expression of TBPL2, a member of the TBP family. *DNA and Cell Biology*. 2007; 26(6):369-85. doi: 10.1089/dna.2006.0527
13. Dunislawski A, Slawinska A, Siwek M. Validation of the reference genes for the gene expression studies in chicken DT40 cell line. *Genes (Basel)*. 2020; 11(4):372. doi: 10.3390/genes11040372
14. Hasanpur K, Hosseinzadeh S, Mirzaaghay A, Alijani S. Investigation of chicken housekeeping genes using next-generation sequencing data. *Frontiers in Genetics*. 2022;13:827538. doi: 10.3389/fgene.2022.827538
15. Hassanpour H, Aghajani Z, Bahadoran S, et al. Identification of reliable reference genes for quantitative real-time PCR in ovary and uterus of laying hens under heat stress. *Stress*. 2019;22(3):387-394. doi: 10.1080/10253890.2019.1574294
16. Hassanpour H, Bahadoran S, Farhadfar, F et al. Identification of reliable reference genes for quantitative real-time PCR in lung and heart of pulmonary hypertensive chickens. *Poultry Science*. 2018;97(11):4048-4056. doi: 10.3382/ps/pey258
17. Herrera-Sánchez MP, Lozano-Villegas KJ, Rondón-Barragán IS, et al. Identification of reference genes for expression studies in the liver and spleen of laying hens housed in cage and cage-free systems. *Open Veterinary Journal*. 2023;13(3):270-277. doi: 10.5455/OVJ.2023.v13.i3.3
18. Hoyle AS, Menezes A C B, Nelson MA, Swanson K C, Vonnahme KA, Berg EP, Ward AK. Fetal expression of genes related to metabolic function is impacted by supplementation of ground beef and sucrose during gestation in a swine model. *Journal of Animal Science*. 2020;98(8):skaa232. doi: 10.1093/jas/skaa232
19. Hul LM, Ibelli AMG, Peixoto JdO, Souza MR, Savoldi IR, Marcelino DEP, et al. Reference genes for proximal femora lepiophysiolysis expression studies in broilers cartilage. Reference genes for proximal femoralepiophysiolysis expression studies in broilers cartilage. *PLoS ONE*. 2020;15(8):e0238189. doi: 10.1371/journal.pone.0238189
20. Joshi CJ, Ke W, Drangowska-Way A, O'Rourke EJ, Lewis NE. What are housekeeping genes? *PLoS Computational Biology*. 2022;18(7):e1010295. doi: 10.1371/journal.pcbi.1010295
21. Katarzyńska-Banasik D, Grzesiak M, Sechman A. Selection of reference genes for quantitative real-time PCR analysis in chicken ovary following silver nanoparticle treatment. *Environmental Toxicology and Pharmacology*. 2017;56:186-190. doi: 10.1016/j.etap.2017.09.011
22. Khan S, Roberts J, Wu S. Reference gene selection for gene expression study in shell gland and spleen of laying hens challenged with infectious bronchitis virus. *Scientific Reports*. 2017;7:14271. doi: 10.1038/s41598-017-14693-2
23. Kim H, Villareal LB, Liu Z, et al. Transferrin receptor-mediated iron uptake promotes colon tumorigenesis. *Advanced Science*. 2023;10(10):e2207693. doi: 10.1002/advs.202207693
24. Kurniawan A, Natsir MH, Suyadi S, Sjoefjan O, Nuningtyas YF, Ardiantoro A, Furqon A, Lestari SP. The effect of feeding with different protein levels on internal organ weight and gene expression of MEF2A and ATF3 in crossbred local chicken using RT-PCR. *Journal of Genetic Engineering & Biotechnology*. 2023; 21(1):83. doi: 10.1186/s43141-023-00533-6
25. Lenart J, Kogut K, Salinska E. Lateralization of housekeeping genes in the brain of one-day old chicks. *Gene Expression Patterns*. 2017;25-26:85-91. doi: 10.1016/j.gep.2017.06.006
26. Mitra T, Bilic I, Hess M, Liebhart D. The 60S ribosomal protein L13 is the most preferable reference gene to investigate gene expression in selected organs from turkeys and chickens, in context of different infection models. *Veterinary Research*. 2016;47:105. doi: 10.1186/s13567-016-0388-z

27. Mogilicherla K, Athe RP, Chatterjee RN, Bhattacharya TK. Identification of suitable reference genes for normalization of quantitative real-time PCR-based gene expression in chicken (*Gallus gallus*). *Animal Genetics*. 2022;53(6):881-887. doi: 10.1111/age.13252
28. Mozdziak PE, Dibner JJ, McCoy DW. Glyceraldehyde-3-phosphate dehydrogenase expression varies with age and nutrition status. *Nutrition*. 2003; 19(5):438-440. doi: 10.1016/s0899-9007(02)01006-7
29. Na W, Wang Y, Gong P, et al. Screening of reference genes for RT-QPCR in chicken adipose tissue and adipocytes. *Frontiers in Physiology*. 2021;12:676864. doi: 10.3389/fphys.2021.676864
30. Nascimento CS, Barbosa LT, Brito C, et al. Identification of suitable reference genes for Real Time quantitative polymerase chain reaction assays on pectoralis major muscle in chicken (*Gallus gallus*). *PLoS ONE*. 2015; 10(5):e0127935. doi: 10.1371/journal.pone.0127935
31. Paludo E, Ibelli AMG, Peixoto JO, Tavernari FC, Lima-Rosa CAV, Pandolfi JRC, Ledur MC. The involvement of RUNX2 and SPARC genes in the bacterial chondronecrosis with osteomyelitis in broilers. *Animal*. 2017;11(6):1063-1070. doi: 10.1017/S1751731116002433
32. Qin N, Shan X, Sun X, et al. Evaluation and validation of the six housekeeping genes for normalizing mRNA expression in the ovarian follicles and several tissues in chicken. *Brazilian Journal of Poultry Science*. 2020;22(03). doi: 10.1590/1806-9061-2019-1256
33. Regassa A, Kim WK. Transcriptome analysis of hen preadipocytes treated with an adipogenic cocktail (DMIOA) with or without 20(S)-hydroxylcholesterol. *BMC Genomics*. 2015;16(1):91. doi: 10.1186/s12864-015-1231-z
34. Renganathan VG, Renuka R, Vanniarajan C, Raveendran M, Elangovan A. Selection and validation of reliable reference genes for quantitative real-time PCR in Barnyard millet (*Echinochloa* spp.) under varied abiotic stress conditions. *Scientific Reports*. 2023;13(1):15573. doi: 10.1038/s41598-023-40526-6
35. Rodríguez-Hernández R, Oviedo-Rondón EO, Rondón- Barragán IS. Identification of reliable reference genes for expression studies in the magnum of laying hens housed in cage and cage- free systems. *Veterinary Medicine and Science*. 2021;7(5):1890-1898. doi: 10.1002/vms3.507
36. Samiullah S, Roberts J, Wu SB. Reference gene selection for the shell gland of laying hens in response to time-points of eggshell formation and nicarbazin. *PLoS One*. 2017;12(7):e0180432. doi: 10.1371/journal.pone.0180432
37. Sato H, Sugishima M, Tsukaguchi M, et al. Crystal structures of hydroxymethylbilane synthase complexed with a substrate analog: a single substrate-binding site for four consecutive condensation steps. *The Biochemical Journal*. 2021; 478(5):1023-1042. doi: 10.1042/BCJ20200996
38. Simon Á, Jávora A, Bai P, Oláh J, Czeglédi L. Reference gene selection for reverse transcription quantitative polymerase chain reaction in chicken hypothalamus under different feeding status. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 2018;102(1):286-296. doi: 10.1111/jpn.12690
39. Sławińska A, D'Andrea M, Pilla F, Bednarczyk M, Siwek M. Expression profiles of Toll-like receptors 1, 2 and 5 in selected organs of commercial and indigenous chickens. *Journal of Applied Genetics*. 2013;54(4):489-92. doi: 10.1007/s13353-013-0161-1
40. Stadnicka K, Sławińska A, Dunisławska A, et al. Molecular signatures of epithelial oviduct cells of a laying hen (*Gallus gallus domesticus*) and quail (*Coturnix Japonica*). *BMC Developmental Biology*. 2018;18(1):9. doi: 10.1186/s12861-018-0168-2
41. Wagner AJ, Remillard SP, Zhang YX, Doyle LA, George S, Hornick JL. Loss of expression of SDHA predicts SDHA mutations in gastrointestinal stromal tumors. *Mod Pathol*. 2013;26(2):289-94. doi: 10.1038/modpathol.2012.153
42. Wan RP, Liu ZG, Huang XF, Kwan P, Li YP, Qu XC, Ye XG, Chen FY, Zhang DW, He MF, Wang J, Mao YL, Qiao JD. YWHAZ variation causes intellectual disability and global developmental delay with brain malformation. *Human Molecular Genetics*. 2023;32(3):462-472. doi: 10.1093/hmg/ddac210
43. Wang Y, Zhang J, Patrick K, Li M, Gong J, Xu B, Shen Q, Yang Y, Wei L, Zhang Y, Peng D, Ye J, Poudel A, Wang C. Hydroxymethylbilane synthase (HMBS) gene-based endogenous internal control for avian species. *AMB Express*. 2020; 10(1):181. doi: 10.1186/s13568-020-01112-5

44. White G, Tufton N, Akker SA. First-positive surveillance screening in an asymptomatic SDHA germline mutation carrier. *Endocrinology, Diabetes & Metabolism Case Reports*. 2019;2019(1):19-0005. doi: 10.1530/EDM-19-0005
45. Wu T, Jiao Z, Li Y, Su X, Yao F, Peng J, Chen W, Yang A. HPRT1 promotes chemoresistance in oral squamous cell carcinoma via activating MMP1/PI3K/akt signaling pathway. *Cancers (Basel)*. 2022;14(4):855. doi: 10.3390/cancers14040855
46. Xiang W, Shang Y, Wang Q, et al. Identification of a chicken (*Gallus Gallus*) endogenous reference gene (ACTB) and its application in meat adulteration. *Food Chemistry*. 2017;1(234):472-478. doi: 10.1016/j.foodchem.2017.05.038
47. Yang F, Lei X, Rodriguez-Palacios A, Tang C, Yue H. Selection of reference genes for quantitative real-time PCR analysis in chicken embryo fibroblasts infected with avian leukosis virus subgroup J. *BMC Research Notes*. 2013;6:402. doi: 10.1186/1756-0500-6-402
48. Yang J, Mao Zh, Wang X, Zhuang J, Gong S, Gao Zh, Xu G, Yang N, Sun C. Identification of crucial genes and metabolites regulating the eggshell brownness in chicken. *BMC Genomics*. 2022;23(1):761. doi: 10.1186/s12864-022-08987-7
49. Yin J, Wang X, Ge X, Ding F, et al. Hypoxanthine phosphoribosyl transferase 1 metabolizes temozolomide to activate AMPK for driving chemoresistance of glioblastomas. *Nature Communications*. 2023;14(1):5913. doi: 10.1038/s41467-023-41663-2
50. Yin R, Liu X, Liu C, Ding Z, Zhang X, Tian F, Liu W, Yu J, Li L, Hrabé de Angelis M, Stoeger T. Systematic selection of housekeeping genes for gene expression normalization in chicken embryo fibroblasts infected with Newcastle disease virus. *Biochemical and Biophysical Research Communications*. 2011;413(4):537-40. doi: 10.1016/j.bbrc.2011.08.131
51. Yuan ZW, Zhang XH, Pang YZ, Qi YX, Wang QK, Ren SW, Hu YQ, Zhao YW, Wang T, Huo LK. Screening of stably expressed internal reference genes for quantitative real-time PCR analysis in quail. *Biology Bulletin*. 2022;49(5):418-427. doi: 10.1134/S1062359022050223
52. Yue H, Lei XW, Yang FL, Li MY, Tang C. Reference gene selection for normalization of PCR analysis in chicken embryo fibroblast infected with H5N1 AIV. *Virol Sin*. 2010;25(6):425-431. doi: 10.1007/s12250-010-3114-4
53. Zhao D, Wang X, Chen J, Huang Z, Huo H, Jiang C, Huang H, Zhang C, Wei S. Selection of reference genes for qPCR normalization in buffalobur (*Solanum rostratum* Dunal). *Scientific Reports*. 2019;9(1):6948. doi: 10.1038/s41598-019-43438-6

Информация об авторах:

Ольга Сергеевна Романенкова, кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории молекулярной генетики сельскохозяйственных животных, Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста, 142132, Московская область, городской округ Подольск, п. Дубровицы, 60, тел.: +7 (4967) 651102.

Information about the authors:

Olga S Romanenkova, Cand. Sci. (Biology), researcher, Laboratory of Molecular Genetics of Farm Animals, Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member LK Ernst, 60 Dubrovitsy, Podolsk district, Moscow region, 142132, cell: +7(4967)651102.

Статья поступила в редакцию 10.07.2024; одобрена после рецензирования 17.07.2024; принята к публикации 09.09.2024.

The article was submitted 10.07.2024; approved after reviewing 17.07.2024; accepted for publication 09.09.2024.

Животноводство и кормопроизводство. 2024. Т. 107, № 3. С. 70-78.
Animal Husbandry and Fodder Production. 2024. Vol. 107, no 3. P. 70-78.

Научная статья
УДК 639.111.11:591.151(571.56)
doi:10.33284/2658-3135-107-3-70

Полиморфизм микросателлитных локусов ДНК у домашних северных оленей эвенской породы

Владимир Владимирович Додохов¹

¹Арктический государственный агротехнологический университет, Якутск, Россия

¹dodoxv@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9977-1400>

Аннотация. Работа посвящена изучению генетического разнообразия домашних северных оленей эвенской породы с использованием микросателлитных маркеров ДНК. Исследование проведено на домашних северных оленях, разводимых в СПК (Ф) «Томпо» Томпонского района Республики Саха (Якутия). Представлена частота встречаемости аллелей 16 микросателлитных маркеров у оленей эвенской породы, что открывает перспективы для дальнейших исследований, сравнения частот аллелей и показателей генетического разнообразия с другими популяциями оленей (например, из других регионов или пород). Результаты подтвердили высокое генетическое разнообразие эвенской породы. Между ожидаемой и наблюдаемой гетерозиготностью – незначительное различие, что указывает на отсутствие существенного инбридинга в популяции. В статье представлено сравнение генетического разнообразия эвенской породы оленей из Томпонского и Оймяконского районов Якутии. Сравнение частот аллелей выявило заметные различия между популяциями, особенно в локусах Rt6, BMS1788, Rt30, Rt7, FCB193 и C276. В Томпонской популяции обнаружено 13 аллелей, отсутствующих в Оймяконской популяции, большинство из них встречались с низкой частотой, за исключением аллеля 144 п.н. в локусе FCB193. Генетическое расстояние Nei (0,086) и F_{st} -анализ (0,017) показали относительно небольшую генетическую дифференциацию между популяциями.

Ключевые слова: северные олени, эвенская порода, генетическое разнообразие, полиморфизм, генетическая структура домашних северных оленей

Для цитирования: Додохов В.В. Полиморфизм микросателлитных локусов ДНК у домашних северных оленей эвенской породы // Животноводство и кормопроизводство. 2024. Т. 107, № 3. С. 70-78. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-107-3-70>

Original article

Microsatellite DNA polymorphism in Evenskaya reindeer

Vladimir V Dodokhov¹

¹Arctic State Agrotechnological University, Yakutsk, Russia

¹dodoxv@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9977-1400>

Abstract. This study investigates the genetic diversity of the Evenskaya breed of domestic reindeer using microsatellite DNA markers. The research was conducted on reindeer bred in the APC (F) “Tompo” of the Tomponsky district of the Sakha Republic (Yakutia). The article presents the allele frequencies of 16 microsatellite markers in Evenskaya reindeer, providing valuable data for future research, including comparisons of allele frequencies and genetic diversity indices with other reindeer populations (e.g., from different regions or breeds). The study confirmed the high genetic diversity of the Evenskaya

breed. A minimal difference was observed between expected and observed heterozygosity, indicating the absence of significant inbreeding within the studied population. Furthermore, the article compares the genetic diversity of Evenskaya reindeer from the Tomponsky and Oymyakonsky districts of Yakutia. The comparison of allele frequencies revealed notable differences between the populations, particularly in the loci Rt6, BMS1788, Rt30, Rt7, FCB193, and C276. The Tomponsky population exhibited 13 alleles that absent in the Oymyakonsky population, with most occurring at low frequencies except for allele 144 bp in the FCB193 locus. Both Nei's genetic distance (0.086) and F_{st} analysis (0.017) indicated a relatively small genetic differentiation between the populations.

Keywords: reindeer, Evenskaya breed, genetic diversity, polymorphism, genetic structure of domestic reindeer

For citation: Dodokhov VV. Microsatellite DNA polymorphism in Evenskaya reindeer. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2024;107(3):70-78. (In Russ.). <https://doi.org/10.33284/2658-3135-107-3-70>

Введение.

Эвенская порода домашних северных оленей обладает длинным туловищем, хорошо развитыми мускулатурой и костяком и является результатом кропотливой работы эвенков, юкагиров и коряков, продолжавшейся на протяжении многих веков. Использование оленя не только как источник пищи, но и как транспортное средство отразилось на экстерьере и конституции животных.

В конце XIX века возросло использование домашних северных оленей в качестве транспорта, и это привело к тому, что основным критерием отбора оленей являлось рабочее качество, и практически не уделялось внимание мясной продуктивности. По мнению экспертов, оленина не уступает, а в некоторых моментах даже превосходит по качественным и технологическим свойствам мясо других сельскохозяйственных животных (Степанов К.М. и Лосорова Ю.Е., 2020; Величко Н.А. и др., 2021).

По зоотехническим характеристикам эвенская порода занимает промежуточное положение между эвенкийской и чукотской. Она лучше приспособлена к горным районам, где летние пастбища располагаются на высокогорьях, а зимние – в долинах и впадинах рек. Это обусловило особенности выпаса – короткие маршруты кочёвий с небольшим размером стад. Отличная адаптация к условиям лесотундры, тайги и горно-таёжных зон позволяет разводить эвенскую породу в различных природно-климатических зонах. На территории Якутии породу разводят в Томпонском, Кобяйском, Оймяконском, момском, Верхоянском, Эвено-Бытантайском, Абыйском, Булунском, Усть-Янском, Среднеколымском и Верхнеколымском районах (Корякина Л.П. и др., 2024). Также эвенскую породу домашних северных оленей разводят в Магаданской области и Камчатском крае. Домашние северные олени эвенской породы – результат вековой народной селекции, основанной на образе жизни эвенков, чей традиционный уклад жизни привёл к созданию животных, идеально приспособленных к суровым условиям Севера (Федоров В.И. и др., 2021).

В условиях глобальных изменений климата, социально-экономических преобразований и возрастающего антропогенного воздействия на экосистему Крайнего Севера сохранение и устойчивое развитие оленеводства приобретают особую актуальность. Важным шагом для решения возникающих задач в развитии отрасли является изучение генетического разнообразия домашних северных оленей (Матюков В.С. и Жариков Я.А., 2022; Соловьева А.Д. и др. 2022; Тараканец Л.Д. и др., 2021).

Понимание генетических особенностей оленей поможет разработать эффективные стратегии сохранения, селекции устойчивого использования этих животных в будущем (Сёмина М.Т. и др. 2022; Романенко Т. М. и др., 2014). Кроме того, изучение генетики позволит определить риски инбридинга и создать программы по управлению поголовьем для поддержания здоровья и продуктивности оленей (Тараканец Л.Д. и др., 2022; Брызгалов Г.Я. и Кустова С.Б., 2019).

Генетическое разнообразие – основа адаптационного потенциала породы и её способности противостоять изменяющимся условиям окружающей среды.

Цель исследования.

Изучение полиморфизма микросателлитных локусов ДНК у домашних северных оленей эвенской породы.

Материалы и методы исследования.

Объект исследования. Домашние северные олени эвенской породы разных половозрастных групп.

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 уменьшения количества исследуемых опытных образцов.

Схема эксперимента. Исследование было проведено в 2023 году на домашних северных оленях эвенской породы, разводимых в Томпонском районе (СПК (Ф) «Томпо») и Оймяконском районе (АО «Ючюгейское») Республики Саха (Якутия). Биоматериалы (цельная кровь) для дальнейшего выделения ДНК и генотипирования были отобраны из ярёмной вены, в асептических условиях. Генотипирование проведено по 16 микросателлитным локусам: Rt6, BMS1788, Rt30, Rt1, Rt9, C143, Rt7, OheQ, FCB193, C217, Rt24, C32, BMS745, NVHRT16, T40, C276.

Оборудование и технические средства. Лабораторные исследования проведены в лаборатории молекулярно-генетической экспертизы «Племэксперт» ГБУ РС (Я) «Сахаагроплем». Генотипирование проведено набором реагентов для мультиплексного анализа 16 микросателлитных маркеров и полспецифичного маркера SRY северного оленя. (ООО «Гордиз», Россия), амплификация материала на термоциклере «T100» (Bio-Rad, США), микросателлитный профиль получен, используя генетический секвенатор «Нанофор-05» с лазерным детектором (ООО «Синтол», Россия)

Статистическая обработка. Обработка данных произведена с использованием надстройки для Microsoft Excel «GeneAlex 6.51» (США).

Результаты исследований.

В последнее время поголовье домашних северных оленей сокращается (табл. 1), что вызывает серьёзную обеспокоенность специалистов.

Таблица 1. Динамика поголовья эвенской породы в Якутии
Table1. Dynamics of Evenskaya breed population in Yakutia

	2014	2016	2018	2020	2021	2022	2023	2023 г. в % к 2014 г. / 2023 in % to 2014
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Всего по Республике Саха (Якутия) / <i>Total for the Sakha Republic (Yakutia)</i>	177076	156011	154630	152127	157396	162599	168520	95,1682
Абыйский / <i>Abyiskiy</i>	626	446	20	79	50	565	665	106,23
Булунский / <i>Bulunskiy</i>	14153	11526	13351	14366	14564	14317	15565	109,977
Верхнеколымский / <i>Verkhnekolymskiy</i>	1203	1016	1386	820	1007	1034	1081	89,8587

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Верхоянский / <i>Verkhoyansky</i>	4275	3459	2358	2591	3073	2746	2678	62,6433
Кобяйский / <i>Kobyaiskiy</i>	9352	7900	7168	6159	6745	6621	7051	75,3956
Момский / <i>Momskiy</i>	13904	13186	10872	12761	11726	11165	12512	89,9885
Оймяконский / <i>Oymyakonskiy</i>	13237	9333	10270	8303	8227	8309	9120	68,8978
Среднеколымский / <i>Srednekolymsky</i>	2304	2033	1379	1521	1478	1629	1882	81,684
Томпонский / <i>Tomponsky</i>	10354	8405	7543	6412	6753	6883	6890	66,5443
Усть-Янский / <i>Ust'-Yanskiy</i>	20903	21714	22456	25677	26934	29619	31533	150,854
Эвено- Бытантай- ский / <i>Eveno- Bytantayskiy</i>	16182	15371	14477	13114	12882	12676	12124	74,9228
ИТОГО / <i>TOTAL</i>	106493	94389	91280	91803	93439	95564	101101	94,9368
% от всего поголо- вья / % of the total population	60,1	60,5	59,0	60,3	59,4	58,8	60,0	-0,1

Проанализировано 16 микросателлитных локусов, всего было выявлено 133 аллели, среднее число наблюдаемых аллелей и среднее количество эффективных аллелей составили 8,31 и 4,66 аллели соответственно. Значение показателей ожидаемой и наблюдаемой гетерозиготности имели незначительную разницу и составили $H_o=0,718$ и $H_e=0,726$, при этом индекс фиксации был равен 0,005. Значение PIC составило 0,693, что указывает на высокую информативность маркеров (табл. 2).

Таблица 2. Генетическая характеристика оленей СПК(Ф) «Томпо» (n=51)
 Table 2. Genetic characteristics of reindeer from APC(F) "Tompo" (n=51)

Локус / Loci	Na	Ne	Ho	He	PIC
Rt6	11	6,945	0,882	0,856	0,8402
BMS1788	14	5,476	0,843	0,817	0,7948
Rt30	11	6,949	0,735	0,856	0,8406
Rt1	11	6,592	0,814	0,848	0,8334
Rt9	10	6,602	0,824	0,849	0,8319
C143	3	1,757	0,412	0,431	0,3600
Rt7	7	4,363	0,783	0,771	0,7383
OheQ	15	6,793	0,750	0,853	0,8392
FCB193	9	4,755	0,824	0,790	0,7667
C217	3	1,436	0,327	0,303	0,2632
Rt24	11	5,650	0,739	0,823	0,8011
C32	3	2,758	0,628	0,637	0,5608
BMS745	7	3,959	0,863	0,747	0,7082
NVHRT16	7	4,204	0,745	0,762	0,7282
T40	4	2,014	0,523	0,503	0,4482
C276	7	4,321	0,800	0,769	0,7319
Среднее / Average	8,31±0,956	4,66±0,477	0,718±0,041	0,726±0,042	0,693±0,046

Большинство локусов демонстрировали высокое разнообразие аллелей, что указывает на значительный полиморфизм в популяции (табл. 3). Наибольшее количество аллелей было выявлено в локусах BMS1788 и OheQ, при этом в локусе BMS1788 у 9 аллелей из 14 частота встречаемости была ниже 5 %, а в локусе OheQ количество аллелей, частота которых ниже 5 %, составило 7.

Таблица 3. Частота встречаемости аллелей микросателлитных локусов ДНК (n=51)
Table 3. Allelic frequencies of microsatellite DNA loci (n=51)

Локус / Loci	Ал- лель / Allele	Частота / Frequen- cy	Локус / Loci	Ал- лель / Allele	Частота / Frequen- cy	Локус / Loci	Ал- лель / Allele	Частота / Frequen- cy
Rt6	182	0,049	Rt9	133	0,069	C217	215	0,816
	190	0,059		143	0,157		219	0,173
	194	0,049		145	0,049	Rt24	236	0,272
	196	0,059		147	0,069		244	0,120
	198	0,137		151	0,147		248	0,087
	200	0,147		153	0,265		252	0,141
	202	0,196		155	0,127		256	0,239
	206	0,225		157	0,078	C32	298	0,198
BMS1788	144	0,167	Rt7	238	0,043		306	0,372
	146	0,255		242	0,359		322	0,430
	152	0,078		244	0,207	BMS745	130	0,108
	154	0,275		250	0,076		132	0,304
	156	0,069		252	0,196		133	0,069
Rt30	205	0,245	OheQ	254	0,109		134	0,353
	207	0,071		281	0,045	NVHRT16	136	0,137
	209	0,092		284	0,080		184	0,085
	211	0,163		306	0,284		206	0,202
	219	0,122		307	0,045		208	0,096
	223	0,153		311	0,193		214	0,202
Rt1	241	0,081		315	0,068	T40	216	0,372
	247	0,291		318	0,045		259	0,227
	249	0,070		323	0,091		267	0,659
	251	0,151	FCB19 3	126	0,078	C276	271	0,102
	253	0,140		128	0,373		354	0,229
	257	0,012		130	0,088		398	0,329
	259	0,058		132	0,069		430	0,200
	261	0,058		136	0,206	C143	434	0,171
	263	0,047		138	0,078		176	0,265
	265	0,047		144	0,049		180	0,706
	267	0,047						

Сравнительный анализ частот аллелей микросателлитных локусов ДНК у домашних северных оленей Оймяконского и Томпонского районов позволяет выявить различия в генетическом составе этих популяций. Так, заметные отличия были выявлены в локусах Rt6, BMS1788, Rt30, Rt7, FCB193 и C276. Наибольшая разница в частотах встречаемости аллелей была выявлена в локусе Rt6 (табл. 4).

Таблица 4. Сравнения частот аллелей микросателлитных локусов у двух популяций оленей (Оймяконской и Томпонской)

Table 4. Comparisons of allele frequencies of microsatellite loci in two reindeer populations (Oymyakonskaya and Tomponskaya)

Локус / Loci	Аллель / Allele	Оймяконские олени (n=349) / Oymyakonskaya reindeer	Томпонские олени (n=51) / Tomponskaya reindeer
Rt6	198	0,027	0,137
	200	0,036	0,147
	202	0,476	0,196
	204	0,136	0,029
BMS1788	146	0,117	0,255
	154	0,470	0,275
Rt30	205	0,417	0,245
Rt1	225	0,119	0,010
C143	176	0,383	0,265
Rt7	242	0,252	0,359
	250	0,181	0,076
OheQ	295	0,112	0,011
FCB193	128	0,254	0,373
	136	0,380	0,206
BMS745	132	0,487	0,304
T40	259	0,092	0,227
C276	398	0,001	0,329
	434	0,453	0,171

Обсуждение полученных результатов.

Изучение полиморфизма микросателлитных локусов ДНК позволяет получить ценную информацию о генетическом разнообразии популяции эвенской породы домашних северных оленей. Эти данные могут быть использованы для различных исследований в области популяционной генетики, селекции и сохранения породы (Филиппова Н.П. и др., 2020; Додохов В.В., 2022; Брызгалов Г.Я. и Игнатович Л.С., 2020).

Наименьшее количество аллелей было выявлено в локусах C143, C217 и C32, показатель информативности для этих локусов составил 0,360, 0,263 и 0,560 соответственно. Локусы C143, C217 имели более неравномерное распределение частот.

Для оценки степени генетической дифференциации и выявления уникальных генетических характеристик исследуемой популяции проведено сравнение частот аллелей и показателей генетического разнообразия с другими популяциями домашних северных оленей эвенской породы. Для сравнения выбраны домашние северные олени эвенской породы соседнего Оймяконского района, результаты исследований были опубликованы в 2020 г. (Додохов В.В. и Павлова Н.И.).

У домашних северных оленей Томпонского района были выявлены 13 аллелей, которые не встречались у оленей Оймяконского района, в локусе OheQ было выявлено 4 аллеля, два (281 и 318 п.н.) из которых встречались с частотой 0,045, в остальных локусах (Rt6, BMS1788, Rt30, Rt9, C217, BMS745, NVHRT16 и C276) – по одному аллелю с частотой встречаемости ниже 5 %, кроме локуса FCB193, в котором аллель 144 п.н. встречался с частотой 0,049.

Несмотря на выявленные различия в частотах аллелей, генетическая дифференциация между домашними северными оленями Томпонского и Оймяконского районов остаётся на низком уровне. Результаты парного популяционного анализа генетических расстояний Nei показали относительно небольшую генетическую дистанцию (0,086), парный популяционный F_{st} -анализ под-

твердил уровень различий и составил 0,017. Это объясняется тем, что обе популяции относятся к одной породе, и между хозяйствами происходит обмен животными. Дальнейшее сравнение с другими популяциями эвенской породы поможет понять, насколько типичны наблюдаемые уровни генетической дифференциации.

Заключение.

Проведённые исследования представляют собой ценную информацию о генетическом разнообразии эвенской породы домашних северных оленей, имеют значение для сохранения и устойчивого развития этой уникальной породы, а также открывают перспективы для дальнейших исследований. Для эффективной защиты и сохранения поголовья эвенской породы домашних северных оленей необходимо разработать и реализовать комплекс мер, направленных на устранение причин снижения численности, сохранение генетического разнообразия и устойчивое использование генетических ресурсов.

Список источников

1. Адаптивные реакции и особенности метаболизма у оленей эвенской породы в условиях Якутии / Л.П. Корякина, В.И. Федоров, Н.Н. Григорьев и др. // Иппология и ветеринария. 2024. № 1(51). С. 106-116. [Koryakina LP, Fedorov VI, Grigorieva NN et al. Adaptive responses and metabolic patterns in deer even breed in the conditions of Yakutia. Hippology and Veterinary Medicine. 2024;1(51):106-116. (In Russ.)]. doi: 10.52419/2225-1537/2024.1.106-116
2. Анализ генетического разнообразия и популяционной структуры ненецкой аборигенной породы северных оленей на основе микросателлитных маркеров / М.Т. Сёмина и др. // Генетика. 2022. Т. 58. №. 8. С. 954-966. [Semina MT et al. Analysis of the genetic diversity and population structure of the nenets native breed of reindeer based on microsatellite markers. Russian Journal of Genetics. 2022;58(8):975-987. (In Russ.)]. doi: 10.31857/S0016675822080069 doi: 10.1134/s1022795422080063
3. Брызгалов Г.Я., Игнатович Л.С. Характеристика аллелофонда домашних северных оленей Восточной Арктики // Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. 2020. № 3(45). С. 53-59. [Brizgalov GYa, Ignatovich LS. Characteristics of allele pool of domesticated reindeer in the eastern arctic. Theoretical and Applied Problems of Agro-Industry. 2020;3(45):53-59. (In Russ.)]. doi: 10.32935/2221-7312-2020-45-2-53-59
4. Брызгалов Г.Я., Кустова С.Б. Генетическая характеристика популяций северных оленей племенных предприятий Чукотского автономного округа // Генетика и разведение животных. 2019. №. 3. С. 3-10. [Brizgalov G, Kustova S. Genetic characteristics of reindeer husbandry populations in pedigree farms of chukchee autonomous district. Genetics and Breeding of Animals. 2019;3:3-10. (In Russ.)].
5. Величко Н.А., Мельникова Е.В., Пенькова В.А. Проектирование мясорастительного полуфабриката повышенной пищевой ценности на основе оленины // Вестник КрасГАУ. 2021. № 11(176). С. 264-272. [Velichko NA, Melnikova EV, Penkova VA. Designing a meat and vegetable semi-finished product of increased nutritional value based on venison. Bulletin of KSAU. 2021;11(176):264-272. (In Russ.)]. doi: 10.36718/1819-4036-2021-11-264-272
6. Генетическая структура популяции северного оленя (*rangifertarandus*) Тюменской области / Л.Д. Тараканец и др. // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. 2022. Т. 14. №. 2. С. 97-108. [Tarakanets LD et al. Genetic structure of the reindeer (*rangifertarandus*) population of the Tyumen region. Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after PA Kostychev. 2022;14(2):97-108. (In Russ.)]. doi: 10.36508/RSATU.2022.54.2.012
7. Генетическая структура популяции северных оленей о. Колгуев Ненецкого автономного округа / Т.М. Романенко и др. // Достижения науки и техники АПК. 2014. № 4. С. 68-70.

[Romanenko TM et al. Population genetic structure reindeer o. Kolguev Nenets autonomous district. Achievements of Science and Technology in Agro-Industrial Complex. 2014;4:68-70. (*In Russ.*)].

8. Додохов В.В. Изучение генетического профиля эвенской породы северных оленей по микросателлитным локусам // Ветеринария и кормление. 2022. № 4. С. 15-16. [Dodokhov VV. Study genetic profile of Even reindeer by microsatellite loci. Veterinaria i kormlenie. 2022;4:15-16. (*In Russ.*)]. doi: 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2022-4-4

9. Додохов В.В., Павлова Н.И. Исследование генетической структуры домашних северных оленей эвенской породы по микросателлитным маркерам // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова. 2020. № 4(61). С. 47-52. [Dodokhov VV, Pavlova NI. Studies of the genetic structure of reindeers breed evenskaya by microsatellite markers. Bulletin of the BSSA named after V.R. Filippov. 2020;4(61):47-52. (*In Russ.*)]. doi: 10.34655/bgsha.2020.61.4.007

10. Изучение аллелофонда эвенской породы северного оленя по локусам трансферрина и микросателлитов / Н.П. Филиппова и др. // Генетика и разведение животных. 2020. № 1. С. 44-49. [Filippova N et al. Assessment of genetic structure of reindeer of the even breed. Genetics and Breeding of Animals. 2020;1:44-49. (*In Russ.*)]. doi: 10.31043/2410-2733-2020-1-44-49

11. Исследование генетической структуры домашних и диких северных оленей Республики Саха (Якутия) с использованием STR-анализа / А.Д. Соловьева, В.Р. Харзинова, Т.Е. Денискова, Н.А. Зиновьева // Генетика и разведение животных. 2022. № 3. С. 5-11. [Solovieva A, Kharzinova V, Deniskova T, Zinovieva N. Study of the genetic structure of domestic and wild reindeer in the Republic of Sakha (Yakutia) using STR analysis. Genetics and Breeding of Animals. 2022;3:5-11. (*In Russ.*)]. doi: 10.31043/2410-2733-2022-3-5-11

12. Матюков В.С., Жариков Я.А. Генетическое разнообразие домашнего северного оленя по маркерам двух типов // Аграрный вестник Урала. 2022. № 11(226). С. 46-57. [Matyukov VS, Zharikov YaA. Genetic diversity of domestic reindeer by markers of two types. Agrarian Bulletin of the Urals. 2022;11(226):46-57. (*In Russ.*)]. doi: 10.32417/1997-4868-2022-226-11-46-57

13. Методы изучения генетической структуры популяций северного оленя (*rangifertarandus*) / Л.Д. Тараканец и др. // Достижения аграрной науки для обеспечения продовольственной безопасности Российской Федерации: сб. тр. Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых и специалистов. Тюмень, 2021. Т. 1. С. 406-411. [Tarakanets LD et al. Methods for studying the genetic structure of reindeer (*rangifer tarandus*) populations (Conference proceedings) Dostizheniya agrarnoj nauki dlja obespechenija prodovol'stvennoj bezopasnosti Rossijskoj Federacii: sbornik trudov Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii molodyh uchenyh i specialistov. Tyumen'; 2021;1:406-411. (*In Russ.*)].

14. Особенности течения родов у северных домашних оленей в условиях северо-востока России (Якутия) / В.И. Федоров и др. // Генетика и разведение животных. 2021. № 1. С. 23-28. [Fedorov V et al. Features of the course of birth in northern domestic deer in the conditions of the North-East of Russia (Yakutia). Genetics and Breeding of Animals. 2021;1:23-28. (*In Russ.*)]. doi: 10.31043/2410-2733-2021-1-23-28

15. Степанов К.М., Лосорова Ю.Е. Полуфабрикаты из мяса домашнего северного оленя // Наукосфера. 2020. № 12(1). С. 126-131. [Stepanov KM, Losorova YuE. Semi-finished products from domesticated reindeer. Naukosfera. 2020;12(1):126-131. (*In Russ.*)].

References

1. Koryakina LP, Fedorov VI, Grigorieva NN. Adaptive responses and metabolic patterns in deer even breed in the conditions of Yakutia. Hippology and Veterinary Medicine. 2024;1(51):106-116. doi: 10.52419/2225-1537/2024.1.106-116

2. Semina MT et al. Analysis of the genetic diversity and population structure of the nenets native breed of reindeer based on microsatellite markers. *Russian Journal of Genetics*. 2022;58(8):975-987. doi: 10.31857/S0016675822080069 doi: 10.1134/s1022795422080063
3. Brizgalov GYa, Ignatovich LS. Characteristics of allele pool of domesticated reindeer in the eastern arctic. *Theoretical and Applied Problems of Agro-Industry*. 2020;3(45):53-59. doi: 10.32935/2221-7312-2020-45-2-53-59
4. Brizgalov G, Kustova S. Genetic characteristics of reindeer husbandry populations in pedigree farms of chukchee autonomous district. *Genetics and Breeding of Animals*. 2019;3:3-10.
5. Velichko NA, Melnikova EV, Penkova VA. Designing a meat and vegetable semi-finished product of increased nutritional value based on venison. *Bulletin of KSAU*. 2021;11(176):264-272. doi: 10.36718/1819-4036-2021-11-264-272
6. Tarakanets LD et al. Genetic structure of the reindeer (*rangifertarandus*) population of the Tyumen region. *Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev*. 2022;14(2):97-108. doi: 10.36508/RSATU.2022.54.2.012
7. Romanenko TM et al. Population genetic structure reindeer o. Kolguev Nenets autonomous district. *Achievements of Science and Technology in Agro-Industrial Complex*. 2014;4:68-70.
8. Dodokhov VV. Study genetic profile of Even reindeer by microsatellite loci. *Veterinary Medicine and Feeding*. 2022;4:15-16. doi: 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2022-4-4
9. Dodokhov VV, Pavlova NI. Studies of the genetic structure of reindeers breed evenskaya by microsatellite markers. *Bulletin of the BSSA named after V.R. Filippov*. 2020;4(61):47-52. doi: 10.34655/bgsha.2020.61.4.007
10. Filippova N et al. Assessment of genetic structure of reindeer of the even breed. *Genetics and Breeding of Animals*. 2020;1:44-49. doi: 10.31043/2410-2733-2020-1-44-49
11. Solovieva A, Kharzinova V, Deniskova T, Zinovieva N. Study of the genetic structure of domestic and wild reindeer in the Republic of Sakha (Yakutia) using STR analysis. *Genetics and Breeding of Animals*. 2022;3:5-11. doi: 10.31043/2410-2733-2022-3-5-11
12. Matyukov VS, Zharikov YaA. Genetic diversity of domestic reindeer by markers of two types. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2022;11(226):46-57. doi: 10.32417/1997-4868-2022-226-11-46-57
13. Tarakanets LD et al. Methods for studying the genetic structure of reindeer (*rangifertarandus*) populations (Conference proceedings) *Achievements of agrarian science to ensure food security of the Russian Federation: collection of proceedings of the International scientific and practical conference of young scientists and specialists*. Tyumen'; 2021;1:406-411.
14. Fedorov V et al. Features of the course of birth in northern domestic deer in the conditions of the North-East of Russia (Yakutia). *Genetics and Breeding of Animals*. 2021;1:23-28. doi: 10.31043/2410-2733-2021-1-23-28
15. Stepanov KM, Losorova YuE. Semi-finished products from domesticated reindeer. *Naukosfera*. 2020;12(1):126-131.

Информация об авторе:

Владимир Владимирович Додохов, кандидат биологических наук, главный научный сотрудник научно-исследовательской части, Арктический государственный агротехнологический университет, 677007, г. Якутск, ул. Сергеляхское ш. 3 км, дом 3.

Information about the author:

Vladimir V Dodokhov, Cand. Sci. (Biology), Chief Researcher of the Research Department, Arctic State Agrotechnological University, Sergelyakhskoe highway 3 km, building 3, Yakutsk, 677007.

Статья поступила в редакцию 01.07.2024; одобрена после рецензирования 24.07.2024; принята к публикации 09.09.2024.

The article was submitted 17.07.2024; approved after reviewing 24.07.2024; accepted for publication 09.09.2024.

Животноводство и кормопроизводство. 2024. Т. 107, № 3. С. 79-88.
Animal Husbandry and Fodder Production. 2024. Vol. 107, no 3. P. 79-88.

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА, КАЧЕСТВО ПРОДУКЦИИ И ЭКОНОМИКА В ЖИВОТНОВОДСТВЕ

Научная статья

УДК 636.084.1:636.085:577.17

doi:10.33284/2658-3135-107-3-79

**Влияние кормовых добавок, содержащих Zn и Se органической формы,
на продуктивные и гематологические показатели бычков чёрно-пёстрой породы
при заключительном откорме**

Анатолий Васильевич Харламов¹, Алексей Николаевич Фролов², Виктор Васильевич Ильин³

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

¹harlamov52@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9477-6568>

²forleh@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4525-2554>

³vvilin1957@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0001-3430-872X>

Аннотация. Главной задачей в повышении продуктивности животных является полноценное и сбалансированное кормление как по питательным веществам, так и макро- микроэлементному составу. Целью исследования являлось определение влияния кормовых добавок Плексомин Zn 29 и Плексомин Se 2000, содержащих в своём составе цинк и селен органической формы, на стрессовое состояние организма бычков, изучая по продуктивным и гематологическим показателям. Научный опыт проводился на бычках чёрно-пёстрой породы, для этого были сформированы две группы (контрольная и опытная) по 20 голов в каждой, средняя живая масса – 328,8-329,3 кг. Бычки опытной группы ежедневно с рационом получали кормовую добавку в количестве 460 мг, которая в своём составе содержала микроэлементы Zn (цинк) и Se (селен) органической формы. Для сравнительной оценки метаболических процессов, происходящих в организме бычков, потреблявших с рационом кормовую добавку и без неё, провели морфологический и биохимический анализы крови. Результаты исследований свидетельствуют о положительном влиянии изучаемых кормовых добавок на продуктивные и гематологические показатели. Установлено, что живая масса бычков опытной группы в конце опыта была на 2,5 % больше, чем в контроле. Межгрупповые морфологические и биохимические показатели крови подопытных бычков имели некоторые различия, но находились в пределах физиологической нормы.

Ключевые слова: бычки, кормление, кормовая добавка, цинк, селен, гематологические показатели

Благодарности: работа выполнена в соответствии с планом НИР на 2024-2026 гг. ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН (FNWZ-2024-0001).

Для цитирования: Харламов А.В., Фролов А.Н., Ильин В.В. Влияние кормовых добавок, содержащих Zn и Se органической формы, на продуктивные и гематологические показатели бычков чёрно-пёстрой породы при заключительном откорме // Животноводство и кормопроизводство. 2024. Т. 107, № 3. С. 79-88. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-107-3-79>

PRODUCTION TECHNOLOGY, QUALITY AND ECONOMY IN ANIMAL HUSBANDRY
Original article

The influence of feed additives containing organic Zn and Se on productive and hematological parameters of Black Spotted bulls on final fattening

Anatoly V Kharlamov¹, Alexey N Frolov², Viktor V Ilyin³

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

¹harlamov52@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9477-6568>

²forleh@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4525-2554>

³vvilin1957@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0001-3430-872X>

Abstract. Complete and balanced feeding, in terms of both nutrients and macro-microelement composition is the main task in increasing animal productivity. The purpose of the study was to determine

the effect of feed additives Plexomin Zn 29 and Plexomin Se 2000, containing organic zinc and selenium, on the stressful state of the body of bulls, studying them according to productive and hematological indicators. The scientific experiment was carried out on Black Spotted bulls; for this purpose, two groups (control and experimental) were formed with 20 heads in each, with an average live weight of 328.8-329.3 kg. The bulls of the experimental group received a daily diet supplement in the amount of 460 mg, which contained Zn (zinc) and Se (selenium) in organic form. For a comparative assessment of the metabolic processes occurring in the body of bull calves that consumed a feed additive with and without the diet, morphological and biochemical blood tests were carried out. The research results indicate a positive effect of the studied feed additives on productive and hematological parameters. It was found that live weight of bulls in the experimental group at the end of the experiment was 2.5% greater than in the control. Inter-group morphological and biochemical blood parameters of experimental bulls had some differences, but were within the physiological standard.

Keywords: bulls, feeding, feed additive, zinc, selenium, hematological parameters

Acknowledgments: the work was performed in accordance to the plan of research works for 2024-2026 FSBRI FRC BST RAS (FNWZ-2024-0001).

For citation: Kharlamov AV, Frolov AN, Ilyin VV. The influence of feed additives containing organic Zn and Se on productive and hematological parameters of Black Spotted bulls on final fattening. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2024;107(3):79-88. (In Russ). <https://doi.org/10.33284/2658-3135-107-3-79>

Введение.

Основными стрессовыми факторами, оказывающими отрицательное влияние на организм животных, в частности на снижение продуктивности бычков при откорме, являются смена рационов, неполноценное кормление (Николаев С.И. и др. 2021), взвешивание, ветобработка (Hultgren J et al., 2022.), транспортировка их на мясоперерабатывающие предприятия (Khan I et al., 2023). Кормление должно быть полноценным и сбалансированным и по своему предназначению обеспечивать животных всем набором контролируемых питательных веществ в соответствии с видом, полом, возрастом и продуктивностью. Все необходимые организму питательные вещества должны получать с рационом в наиболее доступной форме и в определённом их соотношении (Фролов А.И. и Бетин А.Н., 2019; Ширнина Н.М. и др., 2022).

Особое значение при организации кормления крупного рогатого скота отводится подбору элементов, способствующих снижению стрессового состояния животных, что ведёт к рациональному расходу кормов, повышению продуктивности, улучшению качества продукции (Приступа В.Н. и др., 2021).

Исследования отечественных и зарубежных авторов, изучавших биологические свойства микроэлементов селена, цинка и др., подтверждают, что данные химические элементы играют важную роль в жизнедеятельности организма. Они содержатся во всех органах и тканях, являются мощными антиоксидантами, катализаторами, участвуют в синтезе и взаимодействии белков, ферментов, витаминов, стимулируют рост и развитие организма (Завьялов О.А. и Слепцов И.И., 2023; Мусаева М.Н., 2023).

Так, цинк влияет на обменные процессы, в частности стимулирует всасывание азотистых веществ и использование организмом витаминов, что в свою очередь усиливает рост молодняка (Lewandowski L et al., 2019). Селен в организме выполняет функцию антиоксиданта в составе ферментного звена антиоксидантной защиты. Проявляет выраженные иммуностимулирующие свойства: поддерживает клеточный и гуморальный иммунитет, усиливает иммунный ответ при защите вирусов (Завьялов О.А., 2023). Взаимодействует с витаминами, ферментами и биологическими мембранами, участвует в регуляции обмена веществ (жиров, белков и углеводов), а также в окислительно-восстановительных процессах (Hariharan S and Dharmaraj S, 2020; Schwarz M et al., 2020).

С этой целью применяют различные кормовые добавки, позволяющие сбалансировать рационы кормления по основным питательным веществам, а также обогащать их жизненно важными микроэлементами, способствующими повышению продуктивности и снижению или выведению из организма тяжёлых металлов.

Цель исследования.

Определить влияние кормовых добавок, содержащих в своём составе микроэлементы цинк и селен органической формы, на продуктивные и гематологические показатели бычков чёрно-пёстрой породы при выращивании на мясо.

Материалы и методы исследования.

Объект исследования. Бычки чёрно-пёстрой породы, кровь, сыворотка крови.

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. Исследование проводилось в хозяйственно-производственных условиях СПК колхоза им. Кирова Октябрьского района Оренбургской области. Из числа бычков чёрно-пёстрой породы в возрасте 15 мес. по принципу групп-аналогов с учётом живой массы и физиологического состояния были сформированы две группы (контрольная и опытная) по 20 голов в каждой. Продолжительность эксперимента – 90 суток, животные находились на заключительном откорме, содержались в помещении на привязи. Рацион кормления рассчитывали на основании «Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных» (Калашников А.П. и др., 2003) для получения среднесуточного прироста 1000-1200 г, состоящий из сена, силоса кукурузного, комбикорма и кормовой патоки, скармливался в виде полувлажной кормосмеси. Концентрированные корма в рационе составляли 55-58 % по питательности. Живую массу подопытных бычков определяли путём ежемесячного взвешивания и на основании полученных данных рассчитывали абсолютный прирост, среднесуточный прирост и относительную скорость роста. С целью оценки влияния кормовых добавок, содержащих в своём составе микроэлементы цинк и селен органической формы, на физиологическое состояние подопытных бычков исследовалась кровь. Отбор проб крови проводили из хвостовой вены непосредственно перед убоем утром на уровне средней трети тела 2-5 хвостовых позвонков. Кровь исследовали на морфологические и биохимические показатели и антиоксидантный статус.

Оборудование и технические средства. Гематологические показатели крови определяли на базе центра «Нанотехнологии в сельском хозяйстве» в Центре коллективного пользования Федерального научного центра биологических систем и агротехнологий Российской академии наук (г. Оренбург) (<http://цкп-бст.рф>), с использованием автоматического гематологического анализатора «URIT-2900 VetPlus» (URIT Medical, Китай). Для определения живой массы подопытных бычков использовались платформенные весы «ВСП4-Ж» (Россия).

Статистическая обработка. Статистический анализ цифрового материала, полученного в исследовании, проводился при помощи пакета программ «Statistica 10.0» («Stat Soft Inc.», США), рассчитывая среднюю величину (M), ошибку стандартного отклонения (m) с определением критерия достоверности разницы по Стьюденту-Фишеру. Уровень значимости считали достоверным при $P \leq 0,05$.

Результаты исследований.

Скармливание в составе рациона кормовых добавок Плексомин Zn 29 и Плексомин Se 2000 положительно повлиял на интенсивность роста подопытных бычков на их заключительном откорме. Данные по изменению живой массы, абсолютного и среднесуточного прироста бычков приведены в таблице 1.

Таблица 1. Динамика живой массы, абсолютного и среднесуточного прироста у подопытных бычков при скормливании микроэлементных препаратов, кг

Table 1. Dynamics of live weight, absolute and average daily gain in experimental bulls after fed with microelement preparations, kg

Показатель / Indicator	Группа / Group	
	контрольная/control	опытная/experimental
Живая масса при постановке на опыт, кг (15 мес.) / Live weight at the time of experiment, kg (15 months)	328,8±4,20	329,3±4,17
Живая масса при снятии с опыта, кг (18 мес.) / Live weight after the experiment, kg (18 months)	438,4±1,65	449,4±1,34*
Абсолютный прирост, кг / Absolute gain, kg	109,6±4,84	120,1±4,67
Среднесуточный прирост, г / Average daily weight gain, g	1218,0±57,73	1333,3±55,25*
Относительная скорость роста, % / Relative growth rate, %	28,57	29,83

Примечание: * – при $P \leq 0,05$; ** – при $P \leq 0,01$ по отношению к контрольной группеNote: * – at $P \leq 0.05$; ** – at $P \leq 0.01$ in relation to the control group

Анализ данных таблицы 1 свидетельствует о том, что введение в рацион микроэлементных кормовых добавок способствовало лучшему росту бычков на заключительном откорме. При снятии животных с откорма живая масса у опытной группы была больше на 11,0 кг или 2,5 %, абсолютный прирост – на 10,5 кг или 9,6 %, среднесуточный прирост – на 115 г или 9,5 % и относительная скорость роста – на 1,3 %, чем у сверстников контрольной группы. Это свидетельствует о том, что скормливание в составе рациона кормовых добавок Плексомин Zn 29 и Плексомин Se 2000, содержащих в своём составе Zn и Se органической формы, оказало положительное влияние не только на лучшую поедаемость кормов, но и на большее потребление питательных веществ и их усвоение. О чём констатируют полученные морфологические и биохимические показатели крови бычков подопытных групп (табл. 2, 3).

Таблица 2. Морфологический состав крови подопытных бычков

Table 2. Morphological composition of blood of experimental bulls

Показатель / Indicator	Группа / Group	
	контрольная/control	опытная/experimental
Эритроциты, 10^{12} кл/л / RBC, 10^{12} kl/l	5,04±0,37	5,50±0,49
Средний объём эритроцита, фл / MCV, fl	41,13±1,20	42,13±0,78
Ширина распределения эритроцитов, % / RDW-CV, %	17,40±0,22	15,70±0,29
Ширина распределения эритроцитов (стандартное отклонение), фл / RDW-SD, fl	29,10±1,11	26,60±1,32
Гемоглобин, г/л / HGB, g/l	95,75±0,12	98,33±0,29
Среднее содержание гемоглобина в эритроците, пг / MCH, pg	17,40±0,50	19,33±3,26
Средняя концентрация гемоглобина в эритроците, г/л / MCHC, g/l	423,50±12,45	457,67±19,59
Лейкоциты, 10^9 кл/л / WBC, 10^9 kl/l	11,68±0,33	8,52±0,42**
Лимфоциты, % / Lym, %	52,05±0,27	52,40±0,30
Тромбоциты, 10^9 кл/л / PLT, 10^9 kl/l	228,75±13,38	365,33±15,96

Примечание: * – при $P \leq 0,05$; ** – при $P \leq 0,01$ по отношению к контрольной группеNote: * – at $P \leq 0.05$; ** – at $P \leq 0.01$ in relation to the control group

Результаты гематологических исследований показали, что на определённые изменения в составе крови оказали влияние условия кормления. Установлено, что при введении в состав рациона кормовых добавок Плексомин Zn 29 и Плексомин Se 2000 содержание в крови эритроцитов увеличилось у бычков опытной группы на $0,46 \times 10^{12}/л$ (9,1 %), концентрация в них гемоглобина повысилась на 2,58 г/л (2,7 %), при этом содержание лейкоцитов снизилось на $3,16 \times 10^9/л$ (27,1 %; $P \leq 0,01$). Все отмеченные изменения морфологического состава крови были в пределах физиологической нормы.

Важной составной частью крови являются белки, которые играют основную роль в физиологических процессах в организме. В нашем исследовании по содержанию общего белка сыворотки крови обнаружена определённая зависимость от кормового фактора (табл. 3).

Таблица 3. Биохимический состав сыворотки крови подопытных бычков

Table 3. Biochemical composition of blood serum of experimental bulls

Показатель / Indicator	Группа / Group	
	контрольная / control	опытная/experimental
Общий белок, г/л / Total protein, g/l	79,25±1,09	83,16±0,73*
Альбумины, г/л / Albumin, g/l	39,54±1,73	43,50±0,70*
Глобулины, г/л / Globulins g/l	39,71±0,43	39,66±0,42
АЛТ, Ед/л / ALT, U/l	27,27±0,88	20,70±0,63**
АСТ, Ед/л / AST, U/l	84,07±0,72	73,80±0,63**
Глюкоза, ммоль/л / Glucose, mmol/l	4,39±0,41	4,86±0,30*
Билирубин общий, мкмоль/л / Total bilirubin, $\mu\text{mol/l}$	3,09±0,76	3,63±0,16
Холестерин, ммоль/л / Cholesterol, mmol/l	2,70±0,32	2,01±0,25*
Триглицериды, ммоль/л / Triglycerides, mmol/l	0,23±0,01	0,21±0,01
Мочевина, ммоль/л / Urea, mmol/l	3,45±0,41	3,27±0,06
Креатинин, мкмоль/л / Creatinine, $\mu\text{mol/l}$	121,30±2,48	107,33±1,05
Мочевая кислота мкмоль/л / Uric acid, $\mu\text{mol/l}$	29,40±0,77	51,77±0,11
Железо, мкмоль/л / Iron, $\mu\text{mol/l}$	31,90±1,15	41,25±1,29*
Кальций, ммоль/л / Calcium, mmol/l	2,31±0,11	2,68±0,16*
Фосфор, ммоль/л / Phosphorus, mmol/l	1,63±0,08	1,39±0,21

Примечание: * – при $P \leq 0,05$; ** – при $P \leq 0,01$ по отношению к контрольной группе

Note: * – at $P \leq 0.05$; ** – at $P \leq 0.01$ relative to the control group

Анализ сыворотки крови показал, что содержание белков и белковых фракций у подопытных животных изменялось в пределах физиологической нормы. При скармливании бычкам кормовых добавок, содержащих в своём составе Zn и Se органической формы, в крови опытной группы общего белка увеличилось на 3,91 г/л (4,9 %, $P \leq 0,05$), а его фракции – альбуминов – на 3,96 г/л (10,0 %, $P \leq 0,05$). Что касается глобулинов, то их количество у подопытных бычков было практически одинаково. Более высокий уровень сывороточного белка в крови свидетельствует о более интенсивном синтезе и отложении его в теле бычков, получавших испытываемые кормовые добавки, а уровень альбуминов является резервом для формирования тканей организма и обеспечивает более высокую интенсивность их роста. Активность АСТ при этом составляла 73,80-84,07 Ед/л, АЛТ – 20,7-27,27 Ед/л. Анализ динамики активности трансаминаз подтверждает, что изменения показателей АСТ и АЛТ происходили в пределах физиологической нормы, что свидетельствует о нормальном течении обменных процессов в организме подопытных бычков. Более активно эти процессы проходили у бычков опытной группы с достоверной разностью $P \leq 0,01$.

Глюкоза в организме выполняет важную роль, являясь основным источником энергии для клеток. Её количество в сыворотке крови в основном зависит от поступления в организм с кормом углеводов, которые в процессе пищеварения расщепляются до глюкозы и других питательных веществ, затем всасываются в тонком отделе кишечника, распространяясь по всему организму. Лучший углеводный обмен наблюдался у бычков опытной группы, которые получали с рационом испытываемую кормовую добавку. По уровню глюкозы в сыворотке крови они превышали контрольных на 0,47 ммоль/л (10,71 %, $P \leq 0,05$), что свидетельствует о лучшей переваримости и усвояемости углеводной части кормов рациона.

Уровень холестерина в крови характеризует липидный обмен в организме, а также состояние сосудов. Повышенный уровень холестерина в крови ведёт к разрушению стенок кровеносных сосудов, снижает их эластичность. В нашем исследовании содержание холестерина в крови подопытных бычков было в пределах физиологической нормы. Однако следует отметить, что в крови бычков опытной группы содержание холестерина на 0,69 ммоль/л (25,56 %) было меньше, это свидетельствует о том, что микроэлементы цинк и селен органической формы способствуют уменьшению образования холестерина в печени путём снижения метаболизма насыщенных жирных кислот в желудочно-кишечном тракте животных.

Количество мочевины и креатинина в крови характеризует физиолого-функциональное состояние почек в организме животного, так как их наличие непосредственно зависит от способности почек выводить из организма ненужные вещества с мочой. Повышенное содержание данных веществ в крови говорит о том, что нарушены функции почек, а именно понижена фильтрационная их способность. В нашем исследовании анализ крови показал, что изучаемые вещества были в пределах физиологической нормы, с меньшим содержанием их в крови у сверстников опытной группы. Что касается содержания в крови изучаемых макро- и микроэлементов, то они были в пределах физиологической нормы с небольшим преимуществом в пользу опытной группы.

Обсуждение полученных результатов.

При выращивании и откорме молодняка крупного рогатого скота на мясо в рационах кормления широко используются различные кормовые добавки, содержащие в своём составе биологически активные вещества, способствующие повышению обменных процессов, снижению стрессовой нагрузки на организм в период их жизни. Среди них перспективными являются микроэлементы, особенно органической формы, которые принимают участие в регуляции основных физиологических процессов в живом организме – роста, развития, дыхания и других, это объясняется влиянием их как ферментов антиоксидантной защиты, так и снижением метаболизма продуктов распада жирных кислот (Варакин А.Т. и др., 2020; Кулик Д.К. и др., 2022).

В нашем исследовании скормливание в составе рациона кормовых добавок Плексомин Zn 29 и Плексомин Se 2000, содержащих в своём составе Zn и Se органической формы, способствовало лучшему росту бычков в период заключительного откорма. При снятии животных с откорма живая масса у опытной группы была больше на 11,0 кг или 2,5 %, среднесуточный прирост – на 115 г или 9,5 %, чем у сверстников контрольной группы.

Важная роль в жизнедеятельности организма животных принадлежит крови. Она является главным и основным индикатором всех изменений обмена веществ, происходящих в организме, связанных с его физиологическим состоянием, условиями содержания и кормления, выполняя при этом важнейшие функции в организме, такие как гуморальную, защитную, терморегуляторную, транспортирует к тканям питательные вещества, кислород, отводит конечные продукты обмена и сохраняет водный баланс организма (Нечитайло К.С. и Сизова Е.А., 2021; Фролов А.Н. и др., 2021).

Результаты гематологических исследований показали, что при введении в состав рациона кормовых добавок Плексомин Zn 29 и Плексомин Se 2000, содержание в крови эритроцитов увеличилось у бычков опытной группы на $0,46 \times 10^{12}/л$ (9,1 %), концентрация в них гемоглобина повысилась на 2,58 г/л (2,7 %), при этом содержание лейкоцитов снизилось на $3,16 \times 10$ г/л (27,1 %;

$P \leq 0,01$). общего белка увеличилось на 3,91 г/л (4,9 %, $P \leq 0,05$), а его фракции – альбуминов – на 3,96 г/л (10,0 %, $P \leq 0,05$). Уровень глюкозы в сыворотке крови превышал контрольных на 0,47 ммоль/л (10,71 %, $P \leq 0,05$), что свидетельствует о лучшей переваримости и усвояемости углеводной части кормов рациона.

Все отмеченные изменения морфологического и биохимического составов крови были в пределах физиологической нормы.

Заключение.

Скармливание бычкам на заключительном откорме в составе рациона кормовых добавок Плексомин Zn 29 и Плексомин Se 2000, содержащих в своём составе Zn и Se органической формы, оказало положительное влияние не только на лучшую поедаемость кормов, но и на большее потребление питательных веществ с рационом и их усвоение.

Список источников

1. Влияние минерального гранулированного комплекса на молочную продуктивность и качественные показатели молока коров / С.И. Николаев, Д.А. Ранделин, Н.М. Костомахин, Ю.М. Батраков, К.С. Арстанов, В.В. Ионов, С.Н. Куприянов // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2021. № 7(192). С. 32-42. [Nikolaev SI, Randelin DA, Kostomakhin NM, Batrakov YuM, Arstanov KS, Ionov VV, Kupriyanov SN. The influence of mineral granulated complex on milk productivity and quality indicators of cows' milk. Kormlenie sel'skhozjajstvennyh zhivotnyh i kormoproizvodstvo. 2021;7(192):32-42. (In Russ.)]. doi: 10.33920/sel-05-2107-04

2. Влияние минеральной добавки на показатели гемограммы, функциональную активность глутатиона и лейкоцитарную формулу крови телят / В.В. Саломатин, А.Т. Варакин, В.Д. Кочарян, Е.А. Харламова, А.Ю. Медведев. Ветеринария. 2020. № 3. С. 44-47. [Salomatin VV, Varakin AT, Kocharyan VD, Kharlamova EA, Medvedev AYU. The influence of a mineral additive on indicators of haemogram, functional activity of glutathione and blood leukocytic formula of calves. Veterinary Medicine. 2020;3:44-47. (In Russ.)]. doi: 10.30896/0042-4846.2020.23.3.44-48

3. Влияние кормовых добавок «Валоπρο» и «Рупрокол» на изменение энергии роста и формирование мясной продуктивности у бычков герефордской породы / В.Н. Приступа, О.Е. Кротова, Д.С. Торосян и др. // Проблемы развития АПК региона. 2021. № 1(45). С. 149-155. [Prystupa VN, Krotova OE, Torosyan DS, et al. Effect of feed additives "of Valopro and Ruprocol" change of energy growth and the formation of meat productivity of calves of hereford breed. Development Problems of Regional Agro-Industrial Complex. 2021;1(45):149-155. (In Russ.)]. doi: 10.52671/20790996_2021_1_149

4. Динамика живой массы и рост молодняка мясного скота при использовании селеносодержащих кормовых добавок / А.Т. Варакин, Д.К. Кулик, В.В. Саломатин, Г.А. Симонов, В.С. Зотеев // Проблемы и перспективы развития органического сельского хозяйства: материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Махачкала: Дагестан. гос. аграрный ун-т, 2020. С. 238-245. [Varakin AT, Kulik DK, Salomatin VV, Simonov GA, Zoteev VS. Dynamics of live weight and growth of young meat cattle when using selenium-containing feed additives. (Conference proceedings) Problemy i perspektivy razvitiya organicheskogo sel'skogo hozjajstva: materialy Vserossijskoj nauch.-prakt. konf. s mezhdunarodnym uchastiem. Mahachkala: Dagestanskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet; 2020:238-245. (In Russ.)].

5. Завьялов О.А. Влияние селеносодержащих добавок на метаболизм селена, продуктивные качества и микробиом кишечника у сельскохозяйственных животных (обзор) // Аграрный научный журнал. 2023. № 12. С. 95-100. [Zav'yalov OA. The effect of selenium supplements on selenium metabolism, performance and intestinal microbiome in farm animals (review). The Agrarian Scientific Journal. 2023;12:95-100. (In Russ.)]. doi: <https://doi.org/10.28983/asj.y2023i12pp95-100>

6. Завьялов О.А., Слепцов И.И. Влияние коррекции концентраций селена и цинка в семенной жидкости на элементный состав, антиоксидантный статус и качественные характеристики спермы

быков-производителей // Пермский аграрный вестник. 2023. № 3(43). С. 74-82. [Zavyalov OA, Sleptsov II. The effect of correction of selenium and zinc concentrations in seminal fluid on the elemental composition, antioxidant status and qualitative characteristics in sperm of servicing bulls. Perm Agrarian Journal. 2023;3(43):74-82. (In Russ.)]. doi: 10.47737/2307-2873_2023_43_74

7. Кулик Д.К., Варакин А.Т., Саломатин В.В. Повышение продуктивных качеств бычков при использовании в рационах селесодержащих кормовых добавок // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2022. № 12(209). С. 33-40. [Kulik DK, Varakin AT, Salomatina VV. Improving the productive traits of steers when using selenium-containing feed additives in their rations. Kormlenie sel'skhozjajstvennyh zhivotnyh i kormoproizvodstvo. 2022;12(209):33-40. (In Russ.)]. doi: 10.33920/sel-05-2212-04

8. Мусаева М.Н. Значение микроэлементов в кормлении крупного рогатого скота // Прикаспийский вестник ветеринарии. 2023. № 4(5). С. 69-75. [Musaeva MN. The importance of trace elements in cattle's feeding and their correlation [review]. Prikaspijskij vestnik veterinarii. 2023;4(5):69-75. (In Russ.)].

9. Нечитайло К.С., Сизова Е.А. Биохимические показатели крови и антиоксидантный статус цыплят-бройлеров при использовании фульвогумата в рационе // Животноводство и кормопроизводство. 2021. Т. 104. № 4. С. 182-192. [Nechitailo KS, Sizova EA. Biochemical parameters of blood and antioxidant status of broiler chickens using fulvohumate in the diet. Animal Husbandry and Fodder Production. 2021;104(4):182-192. (In Russ.)]. doi: 10.33284/2658-3135-104-4-182

10. 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):78-88. (In Russ.)]. doi: 10.33284/2658-3135-104-4-79

11. Фролов А.И., Бетин А.Н. Влияние органического комплекса на продуктивность и качество молока коров // Вестник АПК Верхневолжья. 2019. № 2(46). С. 28-31. [Frolov AI, Betin AN. The effect of the organic complex on the productivity and quality of cow's milk. Vestnik APK Verhnevolzh'ja. 2019;2(46):28-31. (In Russ.)]. doi: 10.35694/YARCX.2019.46.2.006

12. Ширнина Н.М., Рахимжанова И.А., Кононец В.В. Использование энергии лактирующими коровами красной степной породы при скормливании рационов с концентратами различной подготовки // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2022. № 1(93). С. 248-254. [Shirnina NM, Rakhimzhanova IA, Kononets VV. The use of energy by lactating cows of the red steppe breed when feeding rations with concentrates of various preparations. Izvestia Orenburg State Agrarian University. 2022;1(93):248-254. (In Russ.)]. doi: 10.37670/2073-0853-2022-93-1-248-254

13. Hariharan S, Dharmaraj S. Selenium and selenoproteins: it's role in regulation of inflammation. Inflammopharmacology. 2020;28(3):667-695. doi: 10.1007/s10787-020-00690-x

14. Hultgren J, Segerkvist KA, Berg Ch, Karlsson AH, Öhgren C, Algers B. Preslaughter stress and beef quality in relation to slaughter transport of cattle. Livestock Science. 2022;264:105073. doi: 10.1016/j.livsci.2022.105073

15. Khan I, Mesalam A, Heo YS, Lee SH, Nabi G, Kong IK. Heat stress as a barrier to successful reproduction and potential alleviation strategies in cattle. Animals (Basel). 2023;13(14):2359. doi: 10.3390/ani13142359

16. Schwarz M, Lossow K, Schirl K, Hackler J, Renko K, Kopp JF, Schwerdtle T, Schomburg L, Kipp AP. Copper interferes with selenoprotein synthesis and activity. Redox Biol. 2020;37:101746. doi: 10.1016/j.redox.2020.10174

References

1. Nikolaev SI, Randelin DA, Kostomakhin NM, Batrakova YuM, Arstanov KS, Ionov VV, Kupriyanov SN. The influence of mineral granulated complex on milk productivity and quality indicators of cows' milk. *Feeding of Farm Animals and Fodder Production*. 2021;7(192):32-42. doi: 10.33920/sel-05-2107-04
2. Salomatin VV, Varakin AT, Kocharyan VD, Kharlamova EA, Medvedev AYU. The influence of a mineral additive on indicators of haemogram, functional activity of glutathione and blood leukocytic formula of calves. *Veterinary Medicine*. 2020;3:44-47. doi: 10.30896/0042-4846.2020.23.3.44-48
3. Prystupa VN, Krotova OE, Torosyan DS, et al. Effect of feed additives "of Valopro and Ruprocol" change of energy growth and the formation of meat productivity of calves of hereford breed. *Development Problems of Regional Agro-Industrial Complex*. 2021;1(45):149-155. doi: 10.52671/20790996_2021_1_149
4. Varakin AT, Kulik DK, Salomatin VV, Simonov GA, Zoteev VS. Dynamics of live weight and growth of young meat cattle when using selenium-containing feed additives (Conference proceedings) Problems and prospects for the development of organic agriculture: materials of All-Russian Scientific-practical Conference with International Participation. Makhachkala: Dagestan State Agrarian University; 2020:238-245.
5. Zav'yalov OA. The effect of selenium supplements on selenium metabolism, performance and intestinal microbiome in farm animals (review). *The Agrarian Scientific Journal*. 2023;12:95-100. doi: <https://doi.org/10.28983/asj.y2023i12pp95-100>
6. Zavyalov OA, Sleptsov II. The effect of correction of selenium and zinc concentrations in seminal fluid on the elemental composition, antioxidant status and qualitative characteristics in sperm of servicing bulls. *Perm Agrarian Journal*. 2023;3(43):74-82. doi: 10.47737/2307-2873_2023_43_74
7. Kulik DK, Varakin AT, Salomatin VV. Improving the productive traits of steers when using selenium-containing feed additives in their rations. *Feeding of Farm Animals and Fodder Production*. 2022;12(209):33-40. doi: 10.33920/sel-05-2212-04
8. Musaeva MN. The importance of trace elements in cattle's feeding and their correlation [review]. *Caspian Veterinary Bulletin*. 2023;4(5):69-75.
9. Nechitailo KS, Sizova EA. Biochemical parameters of blood and antioxidant status of broiler chickens using fulvohumate in the diet. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2021;104(4):182-192. doi: 10.33284/2658-3135-104-4-182
10. 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):78-88. doi: 10.33284/2658-3135-104-4-79
11. Frolov AI, Betin AN. The effect of the organic complex on the productivity and quality of cow's milk. *Vestnik APK Verhnevolzh'ja*. 2019;2(46):28-31. doi: 10.35694/YARCX.2019.46.2.006
12. Shirnina NM, Rakhimzhanova IA, Kononets VV. The use of energy by lactating cows of the red steppe breed when feeding rations with concentrates of various preparations. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2022;1(93):248-254. doi: 10.37670/2073-0853-2022-93-1-248-254
13. Hariharan S, Dharmaraj S. Selenium and selenoproteins: it's role in regulation of inflammation. *Inflammopharmacology*. 2020;28(3):667-695. doi: 10.1007/s10787-020-00690-x
14. Hultgren J, Segerkvist KA, Berg Ch, Karlsson AH, Öhgren C, Algers B. Preslaughter stress and beef quality in relation to slaughter transport of cattle. *Livestock Science*. 2022;264:105073. doi: 10.1016/j.livsci.2022.105073
15. Khan I, Mesalam A, Heo YS, Lee SH, Nabi G, Kong IK. Heat stress as a barrier to successful reproduction and potential alleviation strategies in cattle. *Animals (Basel)*. 2023;13(14):2359. doi: 10.3390/ani13142359

16. Schwarz M, Lossow K, Schirl K, Hackler J, Renko K, Kopp JF, Schwerdtle T, Schomburg L, Kipp AP. Copper interferes with selenoprotein synthesis and activity. *Redox Biol.* 2020;37:101746. doi: 10.1016/j.redox.2020.10174

Информация об авторах:

Анатолий Васильевич Харламов, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник отдела технологии мясного скотоводства и производства говядины, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29, тел.: 8(3532)30-81-78.

Алексей Николаевич Фролов, доктор биологических наук, заведующий отделом технологии мясного скотоводства и производства говядины, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29, тел.: 8(3532)30-81-78.

Виктор Васильевич Ильин, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией «Управление проектами», Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29, тел.: 8(3532)30-81-70.

Information about the authors:

Anatoly V Kharlamov, Dr. Sci. (Agriculture), Professor, Chief Researcher of the Department of Technology of Beef Cattle Breeding and Beef Production, Federal Research Centre for Biological Systems and Agricultural Technologies of the Russian Academy of Sciences, 29 9 Yanvarya St., Orenburg, 460000, tel.: 8(3532)30-81-78.

Alexey N Frolov, Dr. Sci. (Biology), Head of the Department of Technology for Beef Cattle Breeding and Beef Production, Federal Research Centre for Biological Systems and Agricultural Technologies of the Russian Academy of Sciences, 29 9 Yanvarya St., Orenburg, 460000, tel.: 8(3532)30-81-78.

Viktor V Ilyin, Cand. Sci. (Agriculture), Head of the Project Management Laboratory, Federal Research Centre for Biological Systems and Agricultural Technologies of the Russian Academy of Sciences, 29 9 Yanvarya St., Orenburg, 460000, tel.: 8(3532) 30-81-70.

Статья поступила в редакцию 02.07.2024; одобрена после рецензирования 18.07.2024; принята к публикации 09.09.2024.

The article was submitted 02.07.2024; approved after reviewing 18.07.2024; accepted for publication 09.09.2024.

Научная статья

УДК 636.082.11:636.088.5(571.15)

doi:10.33284/2658-3135-107-3-89

**Возможность увеличения объёмов получения промышленного молока за счёт изменения
молочной продуктивности коров при внутрилинейном подборе**

Виталий Викторович Горшков¹, Елена Михайловна Щетинина²

¹Алтайский государственный аграрный университет, Барнаул, Россия

²Федеральный исследовательский центр питания и биотехнологии, Москва, Россия

¹vita-gorshkov@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3407-0552>

²schetina2014@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3463-9502>

Аннотация. Изучено изменение молочной продуктивности в стаде при внутрилинейном подборе. Исследования проводили на дойных коровах чёрно-пёстрой породы в условиях ОАО «Птицефабрика «Молодёжная» Алтайского края. Для этого разделили всех полновозрастных коров на четыре группы: 1 – полностью чистокровных животных, 2 – с кровностью менее 50 % по голштинской породе, 3 – полукровных и 4 – с кровностью более 50 %. Происхождение, кровность и показатели молочной продуктивности коров изучали на основании данных зоотехнического учёта. При совершенствовании стада чёрно-пёстрых коров с увеличением уровня голштинизации растут масса и молочная продуктивность дойных коров. поголовье первотёлок и полновозрастных коров на 96-100 % было отнесено к классу элита и элита-рекорд. Различий по жирномолочности среди животных разного возраста, доли кровности и происхождения не установлено, составляли на уровне 3,9 %. Уровень молочной продуктивности находился с учётом кровности по голштинской породе в пределах 4687-5078 кг с наименьшим уровнем у чистопородных чёрно-пёстрых, в группе по возрасту – 4042-4966 кг с наибольшим значением по третьей лактации, и при линейном распределении лучшие показатели были у коров линии Рефлексн Соверинг 198998 и Вис Айдиал 933122. По результатам исследований можно сделать вывод, что при строгом выполнении плана индивидуального подбора коров и тёлочек можно сформировать рациональную генеалогическую структуру стада, что обеспечит значительное повышение эффективности производства молока в хозяйстве.

Ключевые слова: крупный рогатый скот, чёрно-пёстрая порода, наследственность, генеалогическая структура стада, удой, жирномолочность, молочный жир, отбор, молочная промышленность, молоко

Для цитирования: Горшков В.В., Щетинина Е.В. Возможность увеличения объёмов получения промышленного молока за счёт изменения молочной продуктивности коров при внутрилинейном подборе // Животноводство и кормопроизводство. 2024. Т. 107, № 3. С. 89-98. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-107-3-89>

Original article

Possible increase of volumes of industrial milk production due to changes in milk productivity of cows in the course of intra-line selection

Vitaly V Gorshkov¹, Elena M Shchetinina²

¹Altai State Agrarian University, Barnaul, Russia

²Federal Research Center for Nutrition and Biotechnology, Moscow, Russia

¹vita-gorshkov@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3407-0552>

²schetina2014@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3463-9502>

Abstract. The change in milk productivity in the herd during intraline selection was studied. The studies were carried out on dairy cows of the Black Spotted breed in the conditions of the Molodezhnaya

Poultry Farm OJSC, Altai Territory. To do this, we divided all full-aged cows into four groups: 1 completely purebred animals, 2 – with less than 50% Holstein blood, 3 – half-blooded and 4 – with more than 50% blood. The origin, blood and milk productivity of cows were studied based on zootechnical accounting data. Improving a herd of the Black Spotted cows, weight and milk productivity of dairy cows increases with an increase in the level of Holsteinization. The number of first-calf heifers and full-aged cows was 96-100% classified as elite and elite-record. Differences in milk fat content among animals of different ages, blood share and origin were not established and amounted to 3.9%. The level of milk productivity was, taking into account blood in the Holstein breed, within the range of 4687-5078 kg with the lowest level in purebred Black Spotted cows, in the age group – 4042-4966 kg with the highest value in the third lactation and with a linear distribution, the best indicators were in cows of the line Reflection Sovering 198998 and Vis Idial 933122. Based on the research results, we can conclude that with strict implementation of the plan for individual selection of cows and heifers, it is possible to form a rational genealogical structure of the herd, which will ensure a significant increase in the efficiency of milk production on the farm.

Keywords: cattle, Black Spotted breed, heredity, genealogical structure of herd, milk yield, fat content, milk fat, selection, dairy industry, milk

For citation: Gorshkov VV, Shchetinina EV. Possible increase of volumes of industrial milk production due to changes in milk productivity of cows in the course of intra-line selection. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2024;107(3):89-98. (In Russ). <https://doi.org/10.33284/2658-3135-107-3-89>

Введение.

Реализация генетического потенциала молочных и мясных пород крупного рогатого скота, внедрение новых научных селекционных методов и разработка технологий являются основой экономического развития животноводства.

Ключевой фактор формирования молочной продуктивности – определение генетического потенциала молочных коров, реализуемого с помощью соответствующих условий кормления и содержания (Воронов М.В. и др., 2021). Данные молочной продуктивности считаются важнейшим элементом оценки комплекса мероприятий формирования племенных и продуктивных качеств дойного скота, учёта наследственности, построения плана скрещивания и всей племенной работы в целом (Лебедько Е.Я., 2019).

Результаты племенной работы при работе с молочным скотом определяются взаимодействием родительских генотипов и выбранными методами подбора (Горшков В.В. и Кундиус В.А., 2020; Шевелёва О.М. и Свяженина М.А., 2023). При этом положительным эффектом является, когда при удачном сочетании линий потомство превосходит по продуктивным показателям своих родителей (Шайдуллин Р.Р. и др., 2023; Шевелева О.М. и др., 2021).

В настоящее время в литературе имеется значительный набор разрозненных фактов по взаимосвязи молочной продуктивности коров и их линейной принадлежности, особенно как следствие голштинизации. Характеристика линий, оценка их сочетаемости при внутрилинейном подборе в молочных стадах (Костомахин Н. и др., 2019) является основой для разработки и совершенствования методологии селекции, племенных характеристик высокопродуктивного молочного скота в регионах (Коханов М.А. и др., 2023).

Специфические характеристики животных разной линейной принадлежности и эффективность их сочетания позволяют сформировать направление и интенсивность селекции по молочным признакам (Закирова Р.Р. и др., 2023; Дубровицкий А.Р. и др., 2022; Найманов Д.К. и др., 2019), что в конечном итоге определяет продуктивность животных (Соловьева О.И. и др., 2021; Басонов О.А. и др., 2023), что и обуславливает актуальность данной работы.

Цель исследования.

Оценка стада и изменения молочной продуктивности коров при внутрилинейном подборе с учётом их происхождения и линейной принадлежности.

Материалы и методы исследования.

Объект исследования. Чистопородный чёрно-пёстрый и голштинизированный (улучшенный голштинской породой) молочный скот.

Обслуживание животных и экспериментальные исследования были выполнены в соответствии с инструкциями и рекомендациями российских нормативных актов, протоколами Женевской конвенции и принципами надлежащей лабораторной практики (Национальный стандарт Российской Федерации ГОСТ Р 53434-2009). При проведении исследований были предприняты меры для обеспечения минимума страданий животных и уменьшения количества исследуемых опытных образцов.

Схема эксперимента. Исследования проводились в условиях ОАО «Птицефабрика «Молодёжная» Алтайского края в 2023 г. Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи: провести генеалогический и классный анализ структуры стада, оценить молочную продуктивность коров при внутрилинейном подборе.

Для исследования были взяты результаты молочной продуктивности чёрно-пёстрых голштинизированных коров. Для определения зависимостей хозяйственно-полезных признаков поголовье разделили по кровности на четыре группы.

Первая группа включала чистопородных чёрно-пёстрых животных, вторая группа – полновозрастных дойных животных с кровностью по улучшающей голштинской породе менее 50 %, третья группа – полукровные и четвёртая – более 50 % по голштинской крови. Все коровы находились в одинаковых условиях содержания (привязное с доением в молокопровод) и нормированного кормления.

Животные с кровностью до 50 % были получены на коровах чёрно-пёстрой породы прилитием крови голштинской породы для улучшения показателей молочной продуктивности и с последующим использованием семени быков чёрно-пёстрой породы сибирской селекции для сохранения ценных качеств породы.

По результатам бонитировки животные были разделены на три группы – элита-рекорд, элита и 1 класс.

По данным происхождения коров (по данным 2-мол) было установлено, что генеалогическая структура стада включает потомков пяти генеалогических линий быков: Блитсайд Кеймпе 43454/48326, Боуке Бой 1532, Вис Айдиал 933122, Монтвик Чифтейн 095679 и Рефлексн Соверинг 198998, на которые и были разделены животные 1, 2 и старше 3 отёлов.

Оборудование и технические средства. Исследования выполнены на базе лабораторий ФГБОУ ВО Алтайского ГАУ на сертифицированном оборудовании. В полученных образцах изучали показатели жира (ГОСТ 5867-90).

Статистическая обработка. Статистический анализ выполняли с помощью офисного программного комплекса «Microsoft Office» с применением программы «Excel» («Microsoft», США) и обработкой данных в «Statistica 10.0» («Stat Soft Inc.», США). Статистическая обработка включала расчёт среднего значения (M) и стандартные ошибки среднего ($\pm$ SEM). Достоверность различий сравниваемых показателей определяли по t-критерию Стьюдента. Уровень значимой разницы был установлен на $P \leq 0,05$.

Результаты исследования.

Наличие общего генеалогического корня у чёрно-пёстрой и голштинской пород свидетельствует об их родственном происхождении. Классовое распределение дойных животных представлено на рисунке 1.

Как видно из рисунка 1, за анализируемый год всё поголовье полновозрастных коров имело классы элита и элита-рекорд с последовательным уменьшением животных первого класса.

Использование высокопродуктивной улучшающей породы позволило сформировать стадо коров с более высокой молочной продуктивностью. Так, если пять лет назад средняя годовая продуктивность составляла 3,6 тыс. молока и 132 кг молочного жира, то на отчётный год средний удой составил более 4,7 тыс. кг молока жирностью 3,9-4,0 % и молочным жиром 186 кг.

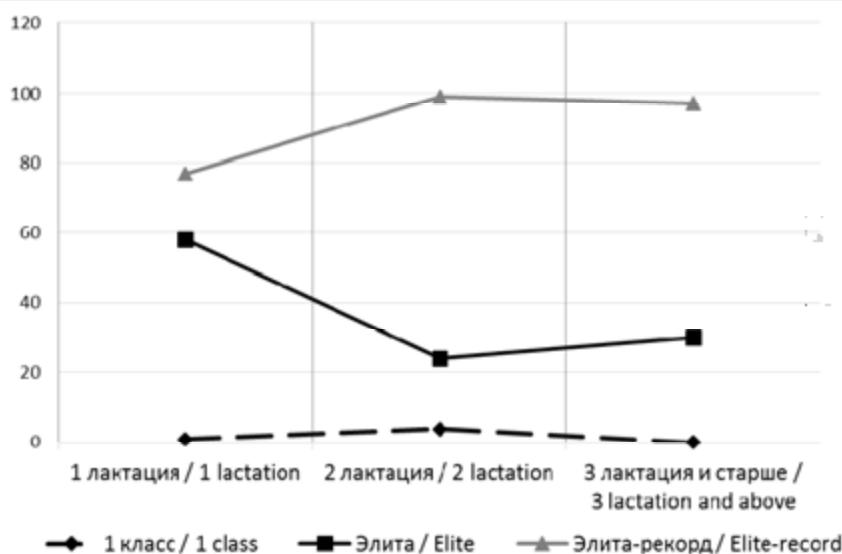


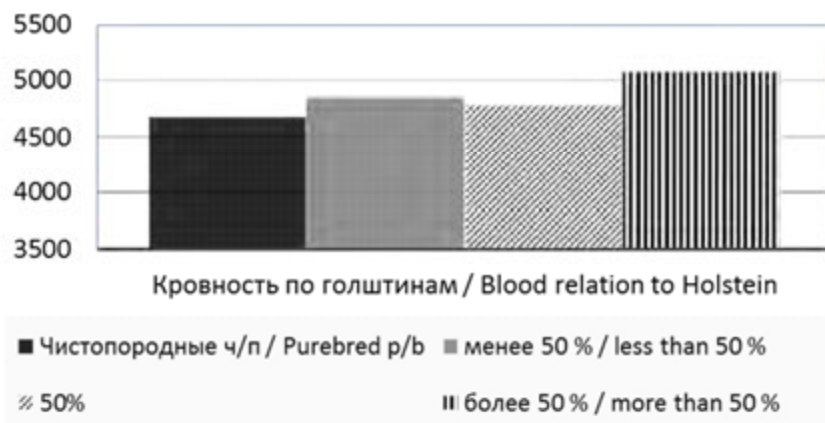
Рис. 1 Классный состав стада коров
Figure 1. Class composition of the herd of heifers

При этом сформировалась тенденция распределения дойных коров по голштинской породе на три группы – с кровностью по голштинам более 50 % (около 20 % поголовья), менее 50 % (до половины стада), полукровных – четверть поголовья и менее 3 % – чистопородные чёрно-пёстрые. Отмечается устойчивая динамика повышения молочной продуктивности с ростом кровности по улучшающей (голштинской) породе, возраста лактации и по отдельным линиям (рис. 2).

Также следует отметить, что стадо в целом включает достаточно молодых животных со средним возрастом коров 2,8 лактации. При этом 58 % – это первотёлки и дойные коровы второго отёла, относящиеся к линиям Блитсайд Кеймпе 43454/48326 и Вис Айдиал 933122. Количество коров третьей лактации составляло 14 % от общего поголовья, и наибольшее число их относится к линии Монтвик Чифтейн 095679.

Как видно из рисунка 2, показатель удоя имеет высокую степень изменчивости, что свидетельствует о значительной генетической неоднородности группы животных по данному признаку и значительной зависимости данного признака от внешних факторов.

При одинаковых показателях среднего уровня жирности молока в 3,9 % по всем группам, коровы с большей кровностью по голштинам превосходили сверстников с меньшей кровностью и тем более чистопородных чёрно-пёстрых в среднем на 219-302 кг молока.



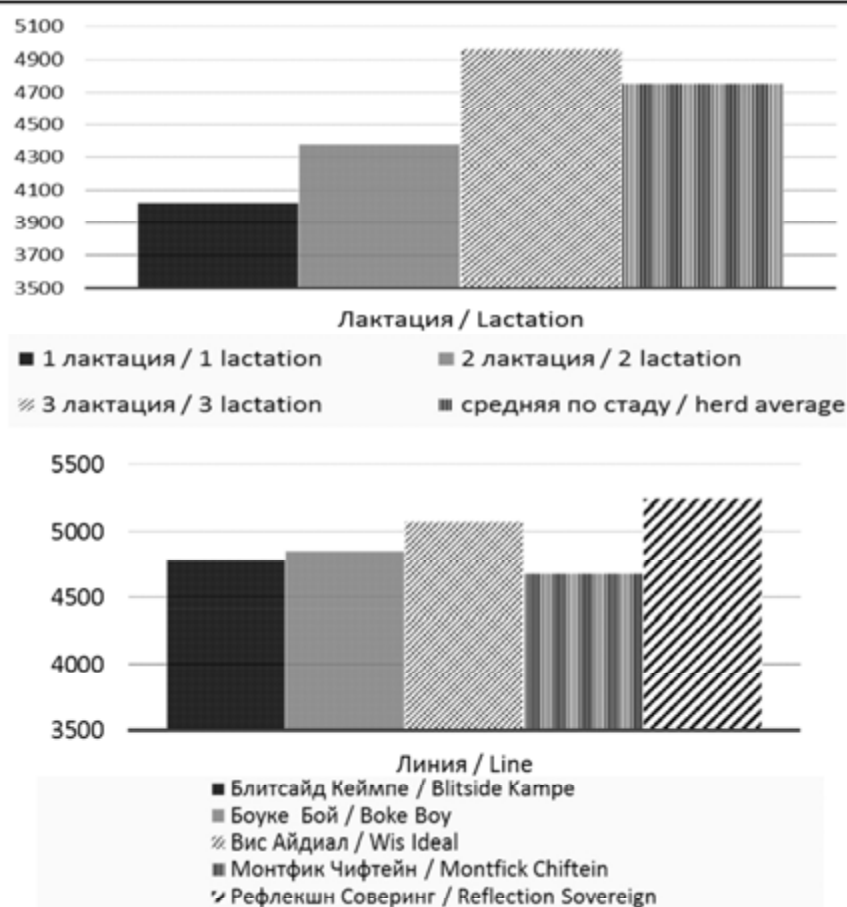


Рисунок 2. Характеристика удоя коров за 305 дней, л
Figure 2. Characteristics of milk yield of cows for 305 days, l

С возрастом чётко отслеживается динамика повышения молочной продуктивности животных, что обусловлено биологией лактации. Так, первотёлки и коровы второго отёла уступали разновозрастным трёхлеткам на 942 и 587 кг соответственно.

При анализе удоя по линиям лучшие показатели были у коров линии Рефлекшн Соверинг 198998 и Вис Айдиал 933122, удой которых достоверно превосходил удой коров линий Монтвик Чифтейн 095697 и Блитсайд Кеймпе 43454/48326 на 526,1 и 399,3; 459,4 и 296,6 кг соответственно.

Высокая неоднородность по удою во всех группах животных, распределённых по доли кровности с уровнем C_v от 17 до 21 %, увеличивает объём материала для отбора и селекции по данному признаку.

Распределение жирномолочности в зависимости от кровности, возраста лактации и линейной принадлежности приведено в таблице 1. Анализ таблицы показывает, что по жирномолочности всё стадо – однородное, с высокой степенью консолидации данного признака.

Большая часть дойных коров были с живой массой менее 500 кг, с коэффициентом молочности от 8,8 до 11, что соответствует выраженному молочному типу. Вместе с тем при повышении кровности по голштинам масса животных закономерно увеличивалась.

Таким образом, фактический удой коров находится на уровне 4761 кг и при реализации генетически обусловленного уровня потенциал стада составляет 7191 кг молока. При этом генеалогическая структура стада характеризовалась тем, что 43 % животных относились к линии Блитсайд Кеймпе 43454/48326, 23,5 % коров – линии Вис Айдиал 933122, 18,2 % – Монтвик Чифтейн 095679 и 13,3 % – Рефлекшн Соверинг 198998, а также небольшой процент (2,3 %) от всего маточного поголовья занимают животные линии Боуке Бой 1532. Лучшие показатели молочной продуктивности имели коровы линий Рефлекшн Соверинг 198998 и Вис Айдиал 933122 и несколько ниже в сравнении с другими группами молочность у коров линии Монтвик Чифтейн 095679 и Блитсайд Кеймпе 43454/48326.

Таблица 1. Характеристика показателей продуктивности коров
Table 1. Characteristics of cow productivity indicators

Группа коров / <i>Group of cows</i>	Показатель / <i>Indicator</i>				
	Кол-во гол. / <i>Quantity of heads</i>	Жир, % / <i>Fat, %</i>	Молочный жир, кг / <i>Milk fat, kg</i>	Живая масса, кг / <i>Live weight, kg</i>	Коэффициент молочности / <i>Milking coefficient</i>
Кровность по голштинской породе / <i>Holstein bloodline</i>					
- чёрно-пёстрые чистопородные / <i>pure-bred Black-Spotted</i>	9	3,9±0,03	180,4±9,48	451,7±8,37	10,4±0,70
- менее 50 % / <i>less than 50 %</i>	155	3,9±0,01	188,4±3,11	464,9±2,23	10,5±0,17
- полукровные / <i>Half-blooded</i>	61	3,9±0,02	186,8±4,27	474,0±4,17*	10,2±0,27
- более 50 % / <i>more 50 %</i>	77	3,9±0,01	197,5±3,79	479,4±3,67*	10,6±0,23
Лактация / <i>Lactation</i>					
1	77	3,9±0,02	156,9±3,26	449,0±3,5	8,8±0,21
2	98	3,9±0,01	170,7±3,11	469,0±2,6	9,1±0,18
3 и старше / <i>3 and more</i>	127	3,9±0,01	193,6±2,32*	484,0±2,6	10,0±0,15
средняя по стаду / <i>average according to the herd</i>	302	3,9±0,01	185,6±2,09	470,0±1,8	9,4±0,11
Линия быка / <i>Bull's line</i>					
Блитсайд Кеймпе 43454/48326 / <i>Blythside Campe 43454/48326</i>	129	3,9±0,02	186,4±3,32	459,8±2,27*	10,4±0,18
Боуке Бой 1532 / <i>Bowke Boy 1532</i>	7	3,9±0,02	188,4±8,12	495,0±16,00	9,9±0,45
Вис Айдиал 933122 / <i>Vis Ideal 933122</i>	71	3,9±0,02	193,2±5,07	470,4±4,21	10,9±0,29
Монтфик Чифтейн 95679 / <i>Montfic Chieftain 95679</i>	55	3,9±0,01	183,8±4,22*	484,5±4,14	9,7±0,23
Рефлексн Соверинг 198998 / <i>Reflection Sovering 198998</i>	40	3,9±0,01	203,6±5,48*	479,0±4,70*	11,0±0,31

Примечание: достоверно при * – $P \leq 0,05$; ** – $P \leq 0,01$; *** – $P \leq 0,001$ Note: reliable at * – $P \leq 0.05$; ** – $P \leq 0.01$; *** – $P \leq 0.001$ **Обсуждение полученных результатов.**

Ввиду того, что чёрно-пёстрая порода и используемая в качестве улучшающей голштинская порода являются родственными, т. е. имеют общий генеалогический корень, вовлечение высокоценных производителей-улучшателей позволило повысить долю чистопородных животных в стаде ОАО «Птицефабрика «Молодёжная» и заметно повысило молочную продуктивность. Если в 2018 году в стаде насчитывалось 20 голов чистопородных животных 1 лактации с продуктивностью 3666 кг молока и выходом молочного жира 132,2 кг, то на 1 января 2023 года всё маточное поголовье стада было чистопородным со средним удоем 4761 кг, жирностью молока 3,9 % и выхо-

дом молочного жира 185,6 кг.

По скорости молокоотдачи первотёлки значительно уступают (1,3 кг/мин), а коровы старшего возраста (1,5-1,6 кг/мин) приближаются к минимальным требованиям (1,7 кг/мин) промышленной технологии доения.

При этом по отдельным линиям Боуке Бой 1532, Монтфик Чифтейн 95679 и Рефлексн Соверинг 198998 масса животных была больше по сравнению со средней по стаду на 5,3 %, 3,1 %, 1,9 %, что подтверждается результатами, полученными другими авторами (Косилов В.И. и др., 2021).

Исследование продуктивного долголетия показало, что стадо в целом включает достаточно молодых животных со средним возрастом коров 2,8 лактации. Линейное распределение позволило выявить, что 58 % были первотёлки и дойные коровы второго отёла, относящиеся к линиям Блитсайд Кеймпе 43454/48326 и Вис Айдиал 933122, количество животных третьей лактации составляло 14 % от общего поголовья, и наибольшее количество их относится к линии Монтвик Чифтейн 095679.

Это позволяет говорить, что именно эти быки оказали существенно влияние при голштинизации на проявление и длительность поддержания молочной продуктивности на высоком уровне. При одинаковых показателях среднего уровня жирности молока в 3,9 % по всем группам коровы с большей кровностью по голштинам указанных линий превосходили сверстников с меньшей кровностью и тем более чистопородных чёрно-пёстрых в среднем на 219-302 кг молока, что подтверждается исследованиями других авторов (Чеченихина О.С. и др., 2019; Часовщикова М.А. и Пунегова В.В., 2024).

Достаточно высокая изменчивость по удою и выходу молочного жира с коэффициентом вариации от 16 до 21 % создаёт благоприятные условия для последующей селекции по повышению показателей молочности.

Это обусловлено значительной генетической неоднородностью групп животных в молочных стадах Алтайского края по данным признакам и зависимости их от внешних факторов, что следует учитывать при составлении планов племенной работы со стадом в каждом конкретном хозяйстве.

Оценивая дочерей быков по степени реализации генетического потенциала по живой массе и уровню молочной продуктивности, возможно успешно вести селекционную работу на сельскохозяйственных предприятиях.

Заключение.

Таким образом, согласно проведённым исследованиям, можно сделать вывод о том, что при внутрилинейном подборе внутри стада с повышением доли кровности по улучшающей породе возможно повышение молочной продуктивности, что в свою очередь позволит увеличить объём получения молока-сырья для промышленной переработки и в полной мере использовать генетический потенциал животных.

Список источников

1. Басонов О.А., Чичаева В.Н., Гинойн Р.В. Проявление потенциала молочной продуктивности коров голштинской породы при разных сочетаниях подбора // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 4(64). С. 177-184. [Basonov OA, Chichaeva VN, Ginoian RV. Milk productivity potential of holstein cows with different combinations of selection. Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy. 2023;4(64):177-184. (In Russ.)]. doi: 10.18286/1816-4501-2023-4-177-184
2. Влияние продолжительности сервис-периода коров на показатели их продуктивного долголетия / О.С. Чеченихина, А.В. Степанов, О.А. Быкова, О.Н. Аксенова // Животноводство и кормопроизводство. 2019. Т. 102. № 4. С. 138-149. [Chechenikhina OS, Stepanov AV,

Bykova OA, Aksenova ON. The impact of duration of service period of cows on indicators of their productive longevity. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2019;102(4):138-149. *(In Russ.)*. doi: 10.33284/2658-3135-102-4-138

3. Влияние скрещивания чёрно-пёстрого скота с голштинами на качество мясной продукции / В.И. Косилов, Ф.Г. Каюмов, Ф.С. Амиршоев, Р.Ф. Третьякова, С.С. Жаймышева // Животноводство и кормопроизводство. 2021. Т. 104. № 2. С. 138-149. [Kosilov VI, Kayumov FG, Amirshoev FS, Tretyakova RF, Zhaimysheva SS. The influence of crossing black-and-white cattle with Holsteins on the quality of meat products. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2021;104(2):138-149. *(In Russ.)*. doi: 10.33284/2658-3135-104-2-16.

4. Горшков В.В., Кундиус В.А. Перспективы развития органического животноводства стран Большого Алтая на основе биотехнологий // Grand Altai Research&Education. 2020. № 1(12). С. 44-53. [Gorshkov VV, Kundius VA. Perspektivy razvitiya organicheskogo zhiivotnovodstva stran Bol'shogo Altaia na osnove biotekhnologij. *Grand Altai Research&Education*. 2020;1(12):44-53. *(In Russ.)*. doi: 10.25712/ASTU.2410-485X.2020.01.005

5. Дубровицкий А.Р., Козубов А.С. Взаимосвязь показателей молочной продуктивности с породностью крупного рогатого скота // Научный журнал КубГАУ. 2022. № 184. С. 57-62. [Dubrovitsky AR, Kozubov AS. The relationship between milk productivity indicators and the breed of cattle. *Scientific Journal of KubSAU*. 2022;184:57-62. *(In Russ.)*. doi: 10.21515/1990-4665-184-007

6. Закирова Р.Р., Ямщиков А.П., Березкина Г.Ю. Оценка быков-производителей разного происхождения по реализации генетического потенциала // Животноводство и кормопроизводство. 2023. Т. 106. № 2. С. 21-29. [Zakirova RR, Yamshchikov AP, Berezkina GYu. Assessment of sires of different origin according to the realization of their genetic potential. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2023;106(2):21-29. *(In Russ.)*. doi: 10.33284/2658-3135-106-2-21

7. Использование внутрилинейного подбора в стадах голштинского скота / М.А. Коханов, В.А. Злепкин, А.П. Коханов, Н.М. Фролова и др. // Известия НВ АУК. 2023. № 3 (71). С. 267-275. [Kokhanov MA, Zlepkin VA, Kokhanov AP, Frolova NM et al. The use of intraline selection in herds of Holstein cattle. *News of NV AUK*. 2023;3(71):267-275. *(In Russ.)*. doi: 10.32786/2071-9485-2023-03-27

8. Костомахин Н., Габедава М., Воронкова О. Эффективность использования различных типов подбора в повышении молочной продуктивности коров // Главный зоотехник. 2019. № 1. С. 19-24. [Kostomakhin N, Gabedava M, Voronkova O. The effectiveness of using various types of selection in increasing the productivity of cows. *Chief Zootechnician*. 2019;1:19-24. *(In Russ.)*.

9. Лебедько Е.Я. Повышение эффективности использования быков-производителей голштинской породы красно-пёстрой масти при совершенствовании молочной продуктивности в племенном стаде // Животноводство и кормопроизводство. 2019. Т. 102. № 4. С. 114-122. [Lebedko EYa. Improving the efficiency of using Holstein bulls of Red Spotted color improving milk productivity in the breeding herd. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2019;102(4):114-122. *(In Russ.)*. doi: 10.33284/2658-3135-102-4-114

10. Молочная продуктивность дочерей быков-производителей различных линий голштинской породы и содержание соматических клеток в молоке / Д.К. Найманов, Г.И. Шайкамал, А.Т. Кажиякбарова, Е.Б. Джуламанов // Животноводство и кормопроизводство. 2019. Т. 102. № 2. С. 115-124. [Naimanov DK, Shaykamal GI, Kazhiyakbarova AT, Dzulamanov EB. Milk productivity of daughters from sires of various lines of Holstein breed and the content of somatic cells in milk. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2019;102(2):115-124. *(In Russ.)*. doi: 10.33284/2658-3135-102-2-115

11. Молочная продуктивность коров, происходящих из перспективных ветвей голштинской породы / Р.Р. Шайдуллин, Ч.А. Харисова, Т.М. Ахметов, А.С. Тенлибаева // Агробιοтехнологии и цифровое земледелие. 2023. № 2(6). С. 52-56. [Shaydullin R, Kharisova Ch, Ahmetov T, Tenlibayeva A. Dairy productivity of cow sorigining from perspective branches of the holstianian breed. *Agrobiotechnologies and Digital Farming*. 2023;2(6):52-56. *(In Russ.)*. doi: 10.12737/2782-490X-2023-52-56

12. Продуктивные особенности голштинских коров при внутрилинейном подборе и реципрокном кроссе линий / Р.З. Абдулхаликов, Т.Т. Тарчоков, З.М. Айсанов, М.Г. Тлейншева // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В.М. Кокова. 2022. № 3(37). С. 45-57. [Abdulkhalikov RZ, Tarchokov TT, Aisanov ZM, Tleinsheva MG. Productive characteristics of Holstein cows during intraline selection and reciprocal cross of lines. News of the Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after. V.M. Kokova. 2022;3(37):45-57. (*In Russ.*)]. doi: 10.55196/2411-3492-2022-3-37-45-57
13. Тарасова Е.И., Нотова С.В. Гены-маркеры продуктивных характеристик молочного скота (обзор) // Животноводство и кормопроизводство. 2020. Т. 103. № 3. С. 58-80. [Tarasova EI, Notova SV. Gene markers of the productive characteristics of dairy cattle (review). Animal Husbandry and Fodder Production. 2020;103(3):58-80. (*In Russ.*)]. doi: 10.33284/2658-3135-103-3-58
14. 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. [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.*)]. doi: 10.33284/2658-3135-107-2-107
15. Шевелёва О.М., Свяженина М.А. Влияние быков на продуктивные качества потомства // Животноводство и кормопроизводство. 2023. Т. 106. № 4. С. 40-56. [Sheveleva OM, Svyazhenina MA. The influence of bulls on the productive qualities of progeny. Animal Husbandry and Fodder Production. 2023;106(4):40-56. (*In Russ.*)]. doi: 10.33284/2658-3135-106-4-40
16. Шевелева О.М., Свяженина М.А., Смирнова Т.Н. Использование разных методов подбора для совершенствования стада крупного рогатого скота черно-пестрой породы в племенном заводе // Вестник КрасГАУ. 2021. № 2(167). С. 87-93. [Sheveleva OM, Svyazhenina MA, Smirnova TN. The use of different selection methods to improve the herd of black-and-white cattle in a breeding plant. Bulletin of KrasGAU. 2021;2(167):87-93. (*In Russ.*)]. doi: 10.36718/1819-036-2021-2-87-93
17. Шендаков А.И. Реализация продуктивных признаков молочного скота в хозяйствах Орловской области // Вестник аграрной науки. 2021. № 5(92). С.73-77. [Shendakov AI. Implementation of the productive traits of dairy cattle in farms of the Orel region. Bulletin of Agrarian Science. 2021;5(92):73-77. (*In Russ.*)]. doi: 10.17238/issn2587-666X.2021.5.73

References

1. Basonov OA, Chichaeva VN, Ginoyan RV. Milk productivity potential of holstein cows with different combinations of selection. Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy. 2023;4(64):177-184. doi: 10.18286/1816-4501-2023-4-177-184
2. Chechenikhina OS, Stepanov AV, Bykova OA, Aksenova ON. The impact of duration of service period of cows on indicators of their productive longevity. Animal Husbandry and Fodder Production. 2019;102(4):138-149. doi: 10.33284/2658-3135-102-4-138
3. Kosilov VI, Kayumov FG, Amirshoev FS, Tretyakova RF, Zhaimysheva SS. The influence of crossing black-and-white cattle with Holsteins on the quality of meat products. Animal Husbandry and Fodder Production. 2021;104(2):138-149. doi: 10.33284/2658-3135-104-2-16.
4. Gorshkov VV, Kundius VA. Prospects for the development of organic animal husbandry in the countries of Greater Altay based on biotechnology. Grand Altai Research&Education. 2020;1(12):44-53. doi: 10.25712/ASTU.2410-485X.2020.01.005
5. Dubrovitsky AR, Kozubov AS. The relationship between milk productivity indicators and the breed of cattle. Scientific Journal of KubSAU. 2022;184:57-62. doi: 10.21515/1990-4665-184-007
6. Zakirova RR, Yamshchikov AP, Berezkina GYu. Assessment of sires of different origin according to the realization of their genetic potential. Animal Husbandry and Fodder Production. 2023;106(2):21-29. doi: 10.33284/2658-3135-106-2-21

7. Kokhanov MA, Zlepkin VA, Kokhanov AP, Frolova NM et al. The use of intraline selection in herds of Holstein cattle. *News of NV AUK*. 2023;3(71):267-275. doi: 10.32786/2071-9485-2023-03-27
8. Kostomakhin N, Gabedava M, Voronkova O. The effectiveness of using various types of selection in increasing the productivity of cows. *Chief Zootechnician*. 2019;1:19-24.
9. Lebedko EYa. Improving the efficiency of using Holstein bulls of Red Spotted color improving milk productivity in the breeding herd. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2019;102(4):114-122. doi: 10.33284/2658-3135-102-4-114
10. Naimanov DK, Shaykamal GI, Kazhiyakbarova AT, Dzulamanov EB. Milk productivity of daughters from sires of various lines of Holstein breed and the content of somatic cells in milk. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2019;102(2):115-124. doi: 10.33284/2658-3135-102-2-115
11. Shaydullin R, Kharisova Ch, Ahmetov T, Tenlibayeva A. Dairy productivity of cow soring from perspective branches of the holstianian breed. *Agrobiotechnologies and Digital Farming*. 2023;2(6):52-56. doi: 10.12737/2782-490X-2023-52-56
12. Abdulkhalikov RZ, Tarchokov TT, Aisanov ZM, Tleinsheva MG. Productive characteristics of Holstein cows during intraline selection and reciprocal cross of lines. *News of the Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after. V.M. Kokova*. 2022;3(37):45-57. doi: 10.55196/2411-3492-2022-3-37-45-57
13. Tarasova EI, Notova SV. Gene markers of the productive characteristics of dairy cattle (review). *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2020;103(3):58-80. doi: 10.33284/2658-3135-103-3-58
14. 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. doi: 10.33284/2658-3135-107-2-107
15. Sheveleva OM, Svyazhenina MA. The influence of bulls on the productive qualities of progeny. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2023;106(4):40-56. doi: 10.33284/2658-3135-106-4-40
16. Sheveleva OM, Svyazhenina MA, Smirnova TN. The use of different selection methods to improve the herd of black-and-white cattle in a breeding plant. *Bulletin of KrasGAU*. 2021;2(167):87-93. doi: 10.36718/1819-036-2021-2-87-93
17. Shendakov AI. Implementation of the productive traits of dairy cattle in farms of the Orel region. *Bulletin of Agrarian Science*. 2021;5(92):73-77. doi: 10.17238/issn2587-666X.2021.5.73

Информация об авторах:

Виталий Викторович Горшков, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедрой технологии производства и переработки продукции животноводства биолого-технологического факультета, Алтайский государственный аграрный университет, 656049, Алтайский край, г. Барнаул, пр-т. Красноармейский, д. 98, тел.: +7-903-957-5424.

Елена Михайловна Щетинина, доктор технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории пищевых биотехнологий и специализированных продуктов, Федеральный исследовательский центр питания и биотехнологии, 109240, г. Москва, Устьинский проезд 2/14, тел.: +7-923-645-2149.

Information about the authors:

Vitaly V Gorshkov, Cand. Sci. (Agriculture), Associate Professor, Head of the Department of the Department of Production Technology and Processing of Livestock Products, Faculty of Biology and Technology, Altai State Agrarian University, 98 Krasnoarmeysky Ave., Barnaul, Altai Territory, 656049, tel.: +7-903-957-5424.

Elena M Shchetinina, Dr. Sci. (Technical), Associate Professor, Leading Researcher at the Laboratory of Food Biotechnologies and Specialized Products, Federal Research Center for Nutrition and Biotechnology, 2/14 Ustinsky proezd, Moscow, 109240, tel.: +7-923-645-2149.

Статья поступила в редакцию 28.06.2024; одобрена после рецензирования 31.07.2024; принята к публикации 09.09.2024.

The article was submitted 28.06.2024; approved after reviewing 31.07.2024; accepted for publication 09.09.2024.

Животноводство и кормопроизводство. 2024. Т. 107, № 3. С. 99-107.
Animal Husbandry and Fodder Production. 2024. Vol. 107, no 3. P. 99-107.

Научная статья
УДК 636.084.52
doi:10.33284/2658-3135-107-3-99

Влияние различных способов дорашивания на интенсивность роста, убойные качества и экономическую эффективность выращивания бычков казахской белоголовой породы

Михаил Викторович Явнов¹, Алексей Николаевич Фролов², Наталья Владимировна Соболева^{3,4}

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

⁴Оренбургский государственный аграрный университет, Оренбург, Россия

¹18099393@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0002-4444-8774>

²forleh@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4525-2554>

^{3,4}natalya.soboleva12@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3688-2303>

Аннотация. Актуальным вопросом мясного скотоводства для повышения его рентабельности и конкурентоспособности по сравнению с другими отраслями животноводства является разработка в условиях конкретного региона оптимальной технологии выращивания и откорма, с учётом кормовой базы и урожайности пастбищ. В связи с этим целью исследования являлось изучение влияния различных сроков содержания на пастбище на продуктивные и экономические показатели бычков казахской белоголовой породы. Для этого в условиях ООО "Новоилецкое" Соль-Илецкого района Оренбургской области был проведён научно-хозяйственный опыт на 8-месячных бычках (n=100), которых после отъёма от матерей разделили на 2 группы: I группа – с 8- до 18-месячного возраста содержалась на откормочной площадке, II группа – с 8- до 11-месячного возраста нагул на естественных пастбищах, а с 12 до 18 месяцев – откормочная площадка. Продолжительность эксперимента – 304 суток. Результаты эксперимента показали, что с 10- до 14-месячного возраста лучшей интенсивностью роста характеризовались бычки I группы, их превосходство над сверстниками II по живой массе в данный период составляло – 3,1-5,8 %. После перевода бычков II группы с пастбища на откормочную площадку они проявляли лучшую интенсивность роста, что привело к сокращению межгрупповых различий по живой массе до 1,0 %. Проведённый контрольный убой в возрасте 18 месяцев в условиях убойного пункта ОАО "Спутник" показал, что все туши, полученные от опытных животных, были отнесены к категории «Экстра», классу «А». Лучшим выходом парной туши характеризовалась II группа, их превосходство над сверстниками I составляло 0,75 %, при меньшем отложении внутреннего жира на 7,9 %. Применение технологической операции в виде продления пастбищного периода до 11-месячного возраста экономически выгодно, это позволяет снизить производственные затраты на 3,0 %, повысить прибыль на 14,4 %, уровень рентабельности – на 2,32 %.

Ключевые слова: мясное скотоводство, бычки, казахская белоголовая порода, нагул, пастбищный период, откормочная площадка, интенсивность роста, экономическая эффективность

Для цитирования: Явнов М.В., Фролов А.Н., Соболева Н.В. Влияние различных способов дорашивания на интенсивность роста, убойные качества и экономическую эффективность выращивания бычков казахской белоголовой породы // Животноводство и кормопроизводство. 2024. Т. 107, № 3. С. 99-107. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-107-3-99>

Original article

Influence of different rearing methods on growth rate, slaughter qualities and economic efficiency of growing Kazakh white-headed bulls

Mikhail V Yavnov¹, Alexey N Frolov², Natalya V Soboleva^{3,4}

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

⁴Orenburg State Agrarian University, Orenburg, Russia

¹18099393@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0002-4444-8774>

²forleh@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4525-2554>

^{3,4}natalya.soboleva12@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3688-2303>

Abstract. The development of an optimal technology for growing and fattening in a specific region, taking into account the forage base and pasture productivity is a topical issue in beef cattle breeding in the issue of how to increase its profitability and competitiveness compared to other livestock industries. In this regard, the aim of the study was to investigate the effect of different periods of keeping on pasture on the productive and economic indicators of Kazakh white-headed bulls. For this purpose, a scientific and economic experiment was conducted at Novoiletskoye LLC in the Sol-Iletsk District of the Orenburg Region on 8-month-old bulls (n=100). They were divided into 2 groups after weaning: Group 1 - from 8 to 18 months of age were kept on a fattening site, Group 2 - from 8 to 11 months of age fattening on natural pastures, and from 12 to 18 months - a fattening site. The experiment lasted 304 days. The results of the experiment showed that from 10 to 14 months of age, the best growth rate was demonstrated by the Group I bulls, their superiority over their peers in Group II in live weight during this period was 3.1-5.8%. After transferring the Group II bulls from the pasture to the feedlot, they demonstrated the best growth rate, which led to a reduction in intergroup differences in live weight to 1.0%. The control slaughter conducted at the age of 18 months under the conditions of the slaughterhouse of JSC Sputnik showed that all carcasses obtained from the experimental animals were classified as Extra, class A. Group II was characterized by the best yield of fresh carcasses, their superiority over their peers in Group I was 0.75%, with less internal fat deposition by 7.9%. The use of a technological operation in the form of extending the grazing period to 11 months of age is economically advantageous; it allows to reduce production costs by 3.0%, increase profits by 14.4%, and the level of profitability by 2.32%.

Keywords: beef cattle breeding, bulls, Kazakh white-headed breed, fattening, pasture period, feedlot, growth rate, economic efficiency

For citation: Yavnov MV, Frolov AN, Soboleva NV. Influence of different rearing methods on growth rate, slaughter qualities and economic efficiency of growing Kazakh white-headed bulls. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2024;107(3):99-107. (In Russ). <https://doi.org/10.33284/2658-3135-107-3-99>

Введение.

Одной из важнейших задач агропромышленного комплекса страны является обеспечение населения продуктами питания собственного производства (Горлов И.Ф. и др., 2020). А в период беспрецедентного по масштабам санкционного давления этот вопрос становится как никогда критически важным. Обеспечение национальной безопасности страны в среднесрочной перспективе является фактором сохранения её государственности и суверенитета, важнейшей составляющей демографической политики, необходимым условием реализации стратегического национального приоритета – повышения качества жизни российских граждан путём гарантирования высоких стандартов жизнеобеспечения (Виль Л.Г. и Никитина М.М., 2022). Одним из стратегических продуктов питания, который богат незаменимыми аминокислотами (Донецких А.Г. и др., 2022), химическими элементами, витаминами (Цыдыпов С.С., 2022а) и антиоксидантами по потреблению человеком уступает лишь дешевым и скороспелым отраслям животноводства птицеводству и свиноводству, но значительно превосходит их по качеству (Пильникова И.Ф. и др., 2021). При этом в

стране до настоящего времени наблюдается дефицит производства говядины, снижается и её доступность для потребителя, так с 2020 по 2024 год стоимость говядины на кости увеличилась на 55,7 % и достигла 550,04 рубля, бескостной – на 51,4 % и составила 754,96 рубля.

Традиционной технологией летнего содержания мясного скота является нагул, поскольку пастбищный корм считается самым дешёвым, при этом упрощаются все технологические приёмы по уходу, снижается заболеваемость. Сдерживающим фактором проведения откорма молодняка мясного направления продуктивности на пастбищах является их низкая урожайность и выгорание во второй половине лета, что без подкормок концентратами не позволяет реализовать генетически заложенный продуктивный потенциал животного (Абилов А.И. и др., 2024, Погосян Д.Г., 2020).

Учитывая, что отъём телят, рождённых в зимний период года, в мясном скотоводстве традиционно проходит в начале сентября (Кулинцев В.В. и др., 2022), а в условиях Оренбургской области животных можно содержать на подготовленных пастбищах при отсутствии большого снежного покрова вплоть до декабря, благодаря чему можно снизить себестоимость получаемой продукции и, в конечном итоге, и реализационную стоимость продукции. Отсутствие комплексных исследований и рекомендаций по влиянию продления пастбищного периода на продуктивные качества и экономические показатели выращивания бычков не позволяют товаропроизводителям широко внедрять в производство предлагаемый вид откорма.

Цель исследования.

Изучить зоотехнические и экономические показатели различных способов дорастивания бычков казахской белоголовой породы.

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. Исследования проведены в условиях ООО "Новоилецкое" Соль-Илецкого района Оренбургской области на 8-месячных бычках (n=100), которых по принципу аналогов разделили на 2 группы: I группа – с 8- до 18-месячного возраста содержалась на откормочной площадке, II группа – с 8- до 11-месячного возраста нагул на естественных пастбищах, а с 12 до 18 месяцев – откормочная площадка. Молодняк был получен в январе, до 8-месячного возраста содержался под матерями-кормилицами на подсосе. Отъём бычков и формирование опытных групп было проведено 5 сентября. Нагул проводили с сентября по ноябрь на специально подготовленных пастбищах, где в течение лета не проводили стравливание. Кроме злаково-бобового сена и травы естественных угодий в рацион опытных животных вводили концентраты из расчёта 1,2 кг на 100 кг живой массы. В состав концентратов кроме зерновой части вводили 1 % премикса. Продолжительность эксперимента составляла 304 суток. Продуктивные качества животных изучали по динамике живой массы путём ежемесячных индивидуальных взвешиваний, абсолютный и среднесуточный приросты определяли расчётным методом.

Мясную продуктивность определяли по методике, предложенной ВАСХНИЛ, ВИЖ, ВНИИМП (1965).

Экономическую эффективность различных технологий дорастивания бычков определяли по производственным затратам за период выращивания животных и реализационной стоимости, на основании этих данных рассчитывали себестоимость продукции, рентабельность производства.

Оборудование и технические средства. Платформенные весы с ограждением МВСК С-Н-1,5 (ПО «Вектор-ПМ», Россия), напольные торговые весы Foodatlas 100 кг/20гр ВТН-100 (ООО "Фудатлас", Россия).

Статистическая обработка. Для обработки данных использовали пакет прикладных программ «Statistica 10.0» («Stat Soft Inc», США). В таблицах приведены средние значения показателей (М) и их стандартная ошибка ($\pm m$).

Результаты исследований.

Одним из главных показателей роста и развития молодняка является его живая масса, на неё влияют различные факторы, такие как порода, пол, возраст, уровень кормления, технология содержания. В связи с этим нами проведена оценка влияния различных способов дорастивания бычков в условиях сухостепной зоны Южного Урала на динамику живой массы, которая показала на имеющиеся межгрупповые различия в возрасте с 10- до 13-месячного возраста (рис. 1).

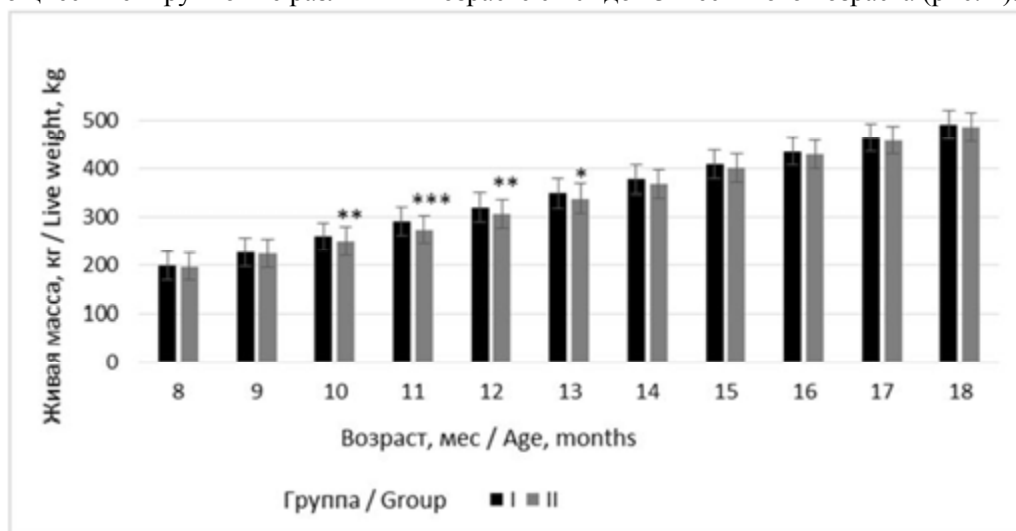


Рисунок 1. Оценка динамики живой массы
Figure 1. Estimation of the dynamics of live weight

Полученные данные свидетельствуют о том, что лучшей интенсивностью роста до 14-месячного возраста характеризовались бычки I группы (табл. 1). Так, начиная с 10-месячного возраста, их превосходство над сверстниками II группы составляло в возрасте 10 мес. 4,0 % ($P \leq 0,01$), 11 мес. – 5,8 % ($P \leq 0,001$), 12 мес. – 4,4 % ($P \leq 0,01$), 13 мес. – 3,1 % ($P \leq 0,05$). В дальнейшем различия сокращаются и к 18-месячному возрасту составляли 1,0 % в пользу бычков I группы.

Для изучения мясной продуктивности подопытных животных был проведён контрольный убой в возрасте 18 месяцев в условиях убойного пункта ОАО "Спутник". Полученные туши в соответствии с требованиями ГОСТ 34120-2017 были отнесены к категории «Экстра», классу «А» (табл. 1).

Наиболее тяжеловесные туши были получены от бычков II группы. По выходу парной туши их превосходство над сверстниками I группы составляло 0,75 % ($P \leq 0,05$) при меньшем отложении внутреннего жира на 7,9 % ($P \leq 0,01$).

Расчёт экономической эффективности является важным этапом оценки любой научно-исследовательской работы, благодаря которой принимаются решения о целесообразности её внедрения в сельскохозяйственное производство. Оценка следует вести по показателям окупаемости вложенных средств, себестоимости производимой продукции, уровню рентабельности и другим. В связи с этим нами проведена оценка эффективности различных способов дорастивания бычков, которая показала на имеющиеся различия (табл. 2).

Таблица 1. Результаты контрольного убоя подопытных бычков
Table 1. The results of the control slaughter of experimental bulls

Показатель / Indicator	Группа / Group	
	I	II
Предубойная живая масса, кг/ Pre-slaughter live weight, kg	488,20±3,24	483,20±3,11
Масса парной туши, кг/ Weight of hot carcass, kg	264,50±2,06	265,41±2,21
Выход туши, %/ Carcass yield, %	54,18±0,27	54,93±0,26*
Масса внутреннего жира-сырца, кг/ The mass of the internal raw fat, kg	14,23±0,24	13,11±0,22**
Выход внутреннего жира-сырца, %/ The yield of the internal raw fat, %	2,91±0,13	2,71±0,13
Убойная масса, кг / Slaughter weight, kg	278,73±1,94	278,52±2,01
Убойный выход, % / Carcass yield, %	57,09±0,32	57,64±0,30

Примечание: * – при $P \leq 0,05$; ** – при $P \leq 0,01$; *** – при $P \leq 0,001$ по сравнению с I группой

Note: * – at $P \leq 0.05$; ** – at $P \leq 0.01$; *** – at $P \leq 0.001$ compared to group I

Таблица 2. Экономическая эффективность различных технологий дорастивания бычков
Table 2. Economic efficiency of various technologies for rearing bulls

Показатель / Indicator	Группа / Group	
	I	II
Абсолютный прирост за период опыта, кг/The absolute weight growth over the period of experiment, kg	292,9±4,63	288,8±4,21
Себестоимость 1 ц прироста, руб./ The cost of 1 c of growth, rub.	18315,41	17958,12
Производственные затраты, руб./гол. / Production costs, rub./head	84837	82320
Реализационная стоимость 1 головы, руб./ The selling price of 1 head, rub.	95784	94848
Прибыль (+), убыток(-) от реализации бычков, руб./ Profit (+), loss(-) from the sale of bulls, rub.	10947	12528
Рентабельность производства, %/Profitability of production, %	12,90	15,22

Как видно из полученных данных, выращивание бычков казахской белоголовой породы до 18-месячного возраста экономически выгодно во всех сравниваемых группах. Технологическая операция в виде продления пастбищного периода позволила снизить производственные затраты на 2517 рублей или 2,97 %, повысить прибыль на 14,4 %, уровень рентабельности – на 2,32 %.

Таким образом, с экономической точки зрения использование технологического приёма в виде продления пастбищного периода при дорастивании бычков позволяет снизить затраты на производство продукции, повысить рентабельность откорма мясного скота.

Обсуждение полученных результатов.

Одной из важнейших задач агропромышленного комплекса страны является обеспечение населения высококачественной говядиной. При этом по мере роста уровня молочной продуктивности происходит неуклонное снижение численности, что приводит к снижению производства говядины от молочного скотоводства. В этой связи у мясного скотоводства имеются большие перспективы развития. Так, если молочные комплексы концентрируются вокруг крупных городов, то мясное скотоводство может успешно развиваться и в отдалённых районах, без развитой инфраструктуры (Сайфетдинов А.Р., 2022). Реализация продуктивных качеств мясного скота должна базироваться на полноценном, сбалансированном кормлении, применении оптимальной ресурсосберега-

ющей технологии выращивания и откорма, научно-обоснованных способах содержания и другом (Nassambayev E et al., 2022a).

Традиционная технология выращивания молодняка мясных пород предполагает его отъём в 8-месячном возрасте, разделением по полу, с последующим откормом бычков на откормочной площадке (Косилов В.И. и др., 2023). В связи с практикующимися в мясном скотоводстве туровыми отёлами отъём молодняка проходит в начале сентября. При этом в условиях Оренбургской области пастбищный период на специально подготовленных пастбищах можно продлевать до декабря. В связи с этим целью настоящего исследования являлась комплексная оценка эффективности различных способов дорастивания бычков казахской белоголовой породы в сухостепной зоне Южного Урала.

Результаты этой оценки показали, что продление пастбищного периода существенно не влияет на продуктивные качества, разница в 18-месячном возрасте между группами составила 1,0 % в пользу бычков, находящихся на откормочной площадке. Проведённый убой показал, что больший выход парной туши с меньшим отложением внутреннего жира был получен от бычков, которые в период дорастивания находились на пастбище. Что согласуется с данными (Alfaro GF et al., 2023), установившими лучшие качественные характеристики мяса бычков бельгийской голубой породы, находившихся на естественных пастбищах, в сравнении с привязным способом откорма. Похожие данные получены и на бычках немецкой симментальской породы (Насамбаев Е.Г. и др., 2020).

Применение технологии дорастивания молодняка на заранее подготовленных естественных пастбищах целесообразно и экономически выгодно, позволяет снизить производственные затраты на выращивание и повысить уровень рентабельности производства говядины, что согласуется с ранее проведёнными исследованиями (Цыдыпов С.С. и Гармаев Д.Ц., 2022б).

Заключение.

В мясном скотоводстве при проведении туровых отёлов в зимний период времени целесообразно для сухостепных зон Южного Урала практиковать продление пастбищного периода до 11-месячного возраста, это позволяет без снижения продуктивных и убойных качеств снизить производственные затраты на 3,0 %, повысить прибыль на 14,4 % и уровень рентабельности – на 2,32 %.

Список источников

1. Абилов А.И., Жолдасбеков А.К., Тагаев О.О. Состояние воспроизводительной способности мясных коров казахской белоголовой породы в условиях Западного Казахстана // Ветеринарный врач. 2024. № 2. С. 4-14. [Abilov AI, Zholdasbekov AK, Tagaev OO. The state of reproductive ability of Kazakh white-headed beef cows in the conditions of Western Kazakhstan. The Veterinarian. 2024;2:4-14. (In Russ.)]. doi: 10.33632/1998-698X_2024_2_4
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 бычков на эффективность производства говядины / В.И. Косилов, И.А. Рахимжанова, В.В. Герасименко, Ю.А. Юлдашбаев, И.В. Миронова, Н.М. Губайдуллин, Н.В. Папуша // Вестник Ошского государственного университета. Сельское хозяйство: агрономия, ветеринария и зоотехния. 2023. № 4(5). С. 88-94. [Kosilov VI, Rakhimzhanova IA, Gerasimenko VV, Yuldashbaev YuA, Mironova IV, Gubaidullin NM, Papusha NV. The influence of the breed of bulls on the efficiency of beef production. Journal of Osh State University. Agriculture: Agronomy, Veterinary and Zootechnics. 2023;4(5):88-94. (In Russ.)]. doi: 10.52754/16948696_2023_4_13
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. 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, Shevkhezhev 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

6. Мясная продуктивность бычков разного направления продуктивности / А.Г. Донецких, С.А. Грикшас, П.А. Корневская, А.В. Гурин // Главный зоотехник. 2022. № 1(222). С. 10-18. [Donskikh AG, Griksas SA, Korenevskaya PA, Gurin AV. Beef productivity of steers of different types of productivity. Head of Animal Breeding. 2022;(222):10-18. (In Russ.)]. doi: 10.33920/sel-03-2201-02

7. Оценка эффективности производства мясных продуктов для геродиетического питания с использованием говядины, полученной от помесных бычков казахской белоголовой породы / И.Ф. Горлов, Д.В. Николаев, М.В. Забелина, А.М. Семиволос, С.Е. Божкова, Т.Ю. Лёвина, А.С. Звoryгина // Аграрный научный журнал. 2020. № 11. С. 83-87. [Gorlov IV, Nikolaev DV, Zabelina MV, Semivolos AM, Bozhkova SE, Levina TYu, Zvorygina AS. Evaluation of the efficiency of production of meat products for herodietic nutrition using beef produced from cross-bred Kazakh white-headed bulls. The Agrarian Scientific Journal. 2020;11:83-87. (In Russ.)]. doi: 10.28983/asj.y2020i11pp83-87

8. Погосян Д.Г. Эффективные способы интенсивного откорма молодняка крупного и мелкого рогатого скота: монография. Пенза: Пензен. гос. аграрный ун-т, 2020. 175 с. [Pogosyan DG. Effektivnye sposoby intensivnogo otkorma molodnyaka krupnogo i melkogo rohatogo skota: monografiya. Penza: Penzenskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet; 2020:175 p. (In Russ.)].

9. Производство мяса крупного рогатого скота в Российской Федерации и пути повышения его эффективности / И.Ф. Пильникова, С.В. Петрякова, Л.Н. Пильников и др. // Образование и право. 2021. № 3. С. 219-223. [Pilnikova IF, Petryakova SV, Pilnikov LNet al. Cattle meat production in the Russian Federation and ways to increase its efficiency. Education and Law. 2021;3:219-223. (In Russ.)]. doi: 10.24412/2076-1503-2021-3-219-223

10. Сайфетдинов А.Р. Среднесрочный прогноз развития мясного скотоводства на юге России в условиях импортозамещения // Международный сельскохозяйственный журнал. 2022. № 3(387). С. 240-245. [Saifetdinov AR. Medium-term forecast for the development of beef cattle breeding in the south of Russia in the context of import substitution. International Agricultural Journal. 2022;3(387):240-245. (In Russ.)]. doi: 10.55186/25876740_2022_65_3_240

11. Цыдыпов С.С. Качественные показатели мяса молодняка мясного скота // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии имени В.Р. Филиппова. 2022а. № 2(67). С. 123-130. [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. (In Russ.)]. doi: 10.34655/bgsha.2022.67.2.016

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

13. Alfaro GF, Rodriguez-Zas SL, Southey BR, Muntifering RB, Rodning SP, Pacheco WJ, Moisés SJ. Complete blood count analysis on beef cattle exposed to fescue toxicity and rumen-protected niacin supplementation. Animals. 2021;11:988. doi: 10.3390/ani11040988

14. Nassambayev E, Akhmetalieva AB, Nugmanova AE, Batyrgaliev EA. Breeding and productivity indicators of the Kazakh white-headed breed. Ғылым және білім. 2022;2-2(67):21-27. doi: 10.56339/2305-9397-2022-2-2-21-27.

References

1. Abilov AI, Zholdasbekov AK, Tagaev OO. The state of reproductive ability of Kazakh white-headed beef cows in the conditions of Western Kazakhstan. *The Veterinarian*. 2024;2:4-14. doi: 10.33632/1998-698X_2024_2_4
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. Kosilov VI, Rakhimzhanova IA, gerasimenko VV, Yuldashbaev YuA, Mironova IV, Gubaidullin NM, Papusha NV. The influence of the breed of bulls on the efficiency of beef production. *Journal of Osh State University. Agriculture: Agronomy, Veterinary and Zootechnics*. 2023;4(5):88-94. doi: 10.52754/16948696_2023_4_13
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. 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
6. Donetskikh AG, Griksas SA, Korenevskaya PA, Gurin AV. Beef productivity of steers of different types of productivity. *Head of Animal Breeding*. 2022;(222):10-18. doi: 10.33920/sel-03-2201-02
7. Gorlov IV, Nikolaev DV, Zabelina MV, Semivolos AM, Bozhkova SE, Levina TYu, Zvorygina AS. Evaluation of the efficiency of production of meat products for herodietic nutrition using beef produced from cross-bred Kazakh white-headed bulls. *The Agrarian Scientific Journal*. 2020;11:83-87. doi: 10.28983/asj.y2020i11pp83-87
8. Pogosyan DG. Effective methods of intensive fattening of young cattle and small cattle: monograph. Penza: Penza state agrarian university; 2020:175 p.
9. Pilnikova IF, Petryakova SV, Pilnikov LN et al. Cattle meat production in the Russian Federation and ways to increase its efficiency. *Education and Law*. 2021;3:219-223. doi: 10.24412/2076-1503-2021-3-219-223
10. Saifetdinov AR. Medium-term forecast for the development of beef cattle breeding in the south of Russia in the context of import substitution. *International Agricultural Journal*. 2022;3(387):240-245. doi: 10.55186/25876740_2022_65_3_240
11. 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
12. Tsydypov SS, Garmaev DTs. Some economic and biological features in Kazakh white-headed young cattle of the Transbaikal selection. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2022b;105(1):52-61. doi: 10.33284/2658-3135-105-1-52
13. Alfaro GF, Rodriguez-Zas SL, Southey BR, Muntifering RB, Rodning SP, Pacheco WJ, Moisés SJ. Complete blood count analysis on beef cattle exposed to fescue toxicity and rumen-protected niacin supplementation. *Animals*. 2021;11:988. doi: 10.3390/ani11040988
14. Nassambayev E, Akhmetalieva AB, Nugmanova AE, Batyrgaliev EA. Breeding and productivity indicators of the Kazakh white-headed breed. *Ғылым және білім*. 2022;2-2(67):21-27. doi: 10.56339/2305-9397-2022-2-2-21-27.

Информация об авторах:

Михаил Викторович Явнов, аспирант, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29, тел.: 8(3532)30-81-78.

Алексей Николаевич Фролов, доктор биологических наук, заведующий отделом технологии мясного скотоводства и производства говядины, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29, тел.: 8(3532)30-81-78.

Наталья Владимировна Соболева, кандидат сельскохозяйственных 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(3532) 30-81-75; доцент, кафедра технологии производства и переработки продукции животноводства, Оренбургский государственный аграрный университет, г. Оренбург, 460040, ул. Челюскинцев, 18.

Information about the authors:

Mikhail V Yavnov, postgraduate student, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29 9 Yanvarya St., Orenburg, 460000, tel.: 8(3532)30-81-78.

Alexey N Frolov, Dr. Sci. (Biology), Head of Department of Technology for 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, tel.: 8(3532)30-81-78.

Natalya V Soboleva, Cand. Sci. (Agriculture), Research Associate, Laboratory of Biological Testing and Expertise, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29 9 Yanvarya St., Orenburg, 460000, tel.: 8(3532)30-81-75; Associate Professor, Department of Livestock Production and Processing Technology, Orenburg State Agrarian University, 18 Chelyuskintsev Street, Orenburg, 460040.

Статья поступила в редакцию 20.06.2024; одобрена после рецензирования 01.08.2024; принята к публикации 09.09.2024.

The article was submitted 20.06.2024; approved after reviewing 01.08.2024; accepted for publication 09.09.2024.

Научная статья

УДК 636.22/28:636.088.5

doi:10.33284/2658-3135-107-3-108

Линейная принадлежность коров как базовый фактор формирования качества молока-сырья

Виталий Викторович Горшков¹, Елена Михайловна Щетинина²

¹Алтайский государственный аграрный университет, Барнаул, Россия

²Федеральный исследовательский центр питания и биотехнологии, Москва, Россия

¹vita-gorshkov@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3407-0552>

²schetininina2014@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3463-9502>

Аннотация. Изучена молочная продуктивность и качество молока-сырья коров в зависимости от их линейной принадлежности, так как генетически обусловленный уровень молочной продуктивности определяется наследуемостью признаков, в первую очередь от отцовских линий. Установлено, что удой коров, сгруппированных по принципу линейной принадлежности, изменяется в пределах 6355,2-7153,0 кг, живая масса – 512,0-531,3 кг, массовая доля жира – 4,08-4,25 % и белка – 3,12-3,19 %. Средние данные физико-химических показателей молока-сырья по трём лактациям свидетельствуют, что при кровности 51-90 % в линии В.Б. Айдиал количество сухого вещества выросло на 0,13 %, СОМО – на 0,16, по сравнению со сверстниками с кровностью по голштинам менее 50 %, а массовая доля жира и белка уменьшились на 0,03 и 0,07 %. У коров линии Р. Соверинг с высокой долей кровности по голштинской породе количество сухого вещества уменьшалось на 0,02, СОМО – на 0,12. В линии П. Говернер при кровности более 50 % по голштинам сухое вещество уменьшилось на 0,02 %, СОМО – на 0,08, массовая доля белка – на 0,06, а жира выросла на 0,06 %. Предприятиям, закупающим молоко для производства сыров, следует отдавать предпочтение тем хозяйствам, в которых стада отселекционированы по линиям В.Б. Айдиал и П. Говернер, их молоко содержит больше белка, а если специализацией предприятия является приготовление масла или кисломолочной продукции – линии Р. Соверингс высоким уровнем голштинизации, их молоко содержит больше жира.

Ключевые слова: крупный рогатый скот, чёрно-пёстрая порода, голштинская порода, кровность, линия, удой, молочная продуктивность, молоко-сырьё, молочный жир, молочный белок, сухое вещество

Для цитирования: Горшков В.В., Щетинина Е.М. Линейная принадлежность коров как базовый фактор формирования качества молока-сырья // Животноводство и кормопроизводство. 2024. Т. 107, № 3. С. 108-118. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-107-3-108>

Original article

Line of cows as a basic factor in the formation of raw milk quality

Vitaly V Gorshkov¹, Elena M Shchetinina²

¹Altai State Agrarian University, Barnaul, Russia

²Federal Research Center for Nutrition and Biotechnology, Moscow, Russia

¹vita-gorshkov@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3407-0552>

²schetininina2014@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3463-9502>

Abstract. Milk productivity and quality of raw milk of cows were studied depending on their line belonging, since the genetically determined level of milk productivity is determined by the heritability of

traits, primarily from paternal lines. It has been established that milk yield of cows grouped according to the line principle varies within the range of 6355.2-7153.0 kg, live weight - 512.0-531.3 kg, fat mass fraction - 4.08-4.25% and protein – 3.12-3.19%. Average data on physical and chemical parameters of raw milk according to three lactations indicate that having a blood level of 51-90% in the line of V.B. Ideal, the amount of dry matter increased by 0.13%, nonfat milk solids - by 0.16, compared with peers with Holstein blood less than 50%, and the mass fraction of fat and protein decreased by 0.03 and 0.07%. In cows of the R. Sovering line with a high proportion of Holstein blood, the amount of dry matter decreased by 0.02, nonfat milk solids - by 0.12, and fat - increased by 0.01%. In the P. Governer line, with a blood level of more than 50% in Holsteins, dry matter decreased by 0.02%, nonfat milk solids - by 0.08, mass fraction of protein - by 0.06, and fat increased by 0.06%. Enterprises purchasing milk for cheese production should give preference to those farms in which herds are selected according to V.B. Ideal and P. Governer, and if the specialization of the enterprise is the preparation of butter or fermented milk products - R. Sovering lines with a high level of Holstein blood.

Keywords: cattle, Black Spotted breed, Holstein breed, blood quality, line, milk yield, milk productivity, raw milk, milk fat, milk protein, dry matter

For citation: Gorshkov VV, Shchetinina EM. Line of cows as a basic factor in the formation of raw milk quality. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2024;107(3):108-118. (In Russ.). <https://doi.org/10.33284/2658-3135-107-3-108>

Введение.

Молочное скотоводство занимает лидирующее положение в Алтайском крае и в России, что позволяет обеспечить население молочными продуктами более чем на 85 %. Вместе с тем в Доктрине продовольственной безопасности, разработанной правительством, этот показатель находится на уровне 90 %, поэтому потенциал продуктивности в отрасли ещё не достиг необходимого уровня (Маницкая Л., 2024).

Качество молока-сырья, а значит, и произведённой из него продукции, зависит от множества факторов, и в первую очередь от условий кормления и содержания (Горшков В.В. и Кундиус В.А., 2020; Шендаков А.И., 2021; Часовщикова М.А. и Пунегова В.В., 2024). Однако прижизненная реализация молочной продуктивности дойных коров возможна только при наличии соответствующей их генетической предрасположенности к высоким показателям молочности и качеству сырья, что определяется отцовской наследственностью (Родина Н.Д. и др., 2022; Лебедько Е.Я., 2019; Шевелёва О.М. и Свяженина М.А., 2023; Закирова Р.Р. и др., 2023).

Эффективность селекции по показателям молочной продуктивности и их изменчивости определяется совокупностью генетических и паратипических факторов. Так, показатель удоя в значительной мере зависит от внешних факторов – по данным разных авторов, приблизительно на 25 % – генетические факторы и 75 % – паратипические. Но показатели качества молока, такие как жирно- и белкомолочность, содержание сухих веществ и лактозы, имеют в большей мере генотипическое влияние (Чеченихина О.С. и др., 2019; Харитонов А.С., 2020; Иванова И.П. и др., 2021; Мкртчян Г.В. и Мухтарова О.М., 2022; Часовщикова М.А. и Пунегова В.В., 2024).

Зная линейную принадлежность дойных коров и направленность их молочной продуктивности, можно формировать стада для удовлетворения потребителей к высокому качеству молока-сырья с определёнными технологическими характеристиками (Бургомистрова О.Н. и Хромова О.Л., 2022; Тарасова Е.И. и Нотова С.В., 2020; Найманов Д.К. и др., 2019).

Цель исследования.

Оценка качества молока-сырья дойных коров в зависимости от их происхождения и линейной принадлежности.

Материалы и методы исследования.

Объект исследования. Молоко-сырьё от коров чёрно-пёстрой породы, улучшенных чёрно-пёстрыми голштинами.

Обслуживание животных и экспериментальные исследования были выполнены в соответствии с инструкциями и рекомендациями российских нормативных актов, протоколами Женевской конвенции и принципами надлежащей лабораторной практики (Национальный стандарт Российской Федерации ГОСТ Р 53434-2009). При проведении исследований были предприняты меры для обеспечения минимума страданий животных и уменьшения количества исследуемых опытных образцов.

Схема эксперимента. Исследования количества и качества молока-сырья проводились на коровах чёрно-пёстрой породы, улучшенных чёрно-пёстрыми голштинами, в СПК «Корболиха» Третьяковского района Алтайского края. Для достижения указанной цели были обозначены задачи: оценить молочную продуктивность животных в зависимости от их происхождения; провести оценку качества молока-сырья с учётом линейной принадлежности животных.

Для исследования были взяты полновозрастные дойные коровы линий Вис Бэк Айдиал (В.Б. Айдиал), Рефлекшн Соверинг (Р. Соверинг) и Пабст Говернер (П. Говернер) с долей кровности по улучшающей породе до 90 %, которые были разделены на две группы: с кровностью менее 50 % по голштинской породе и более 50 %.

Животные с кровностью до 50 % были получены прилитием крови голштинской породы для улучшения показателей молочной продуктивности и с последующим использованием семени быков чёрно-пёстрой породы сибирской селекции для сохранения ценных качеств породы.

Происхождение и кровность, показатели молочной продуктивности коров: удой за 305 дней полновозрастной лактации, массовую долю жира и белка, количество молочного жира и белка в кг изучали по данным зоотехнического учёта.

Оборудование и технические средства. Исследования выполнены на базе лабораторий ФГБОУ ВО Алтайского ГАУ на сертифицированном оборудовании. Физико-химические показатели молока определяли во время контрольных доек на анализаторе «Лактан 1-4» (ООО ВПК «Сибagro ПРИБОР», Россия).

Статистическая обработка. Статистический анализ выполняли с помощью офисного программного комплекса «Microsoft Office» с применением программы «Excel» («Microsoft», США) и обработкой данных в «Statistica 10.0» («Stat Soft Inc.», США). Статистическая обработка включала расчёт среднего значения (М) и стандартные ошибки среднего ($\pm$ SEM). Достоверность различий сравниваемых показателей определяли по t-критерию Стьюдента. Уровень значимой разницы был установлен на $P \leq 0,05$.

Результаты исследования.

Уровень молочной продуктивности, как и состав молока, являются наследственными признаками, обусловленными генетически заложенным потенциалом, реализуемым с учётом линейной принадлежности животных, что представлено в таблице 1.

Как следует из данных таблицы 1, показатели удоя коров линии П. Говернер превосходили животных линии В.Б. Айдиал на 6,1 % (415,4 кг), а линии Р. Соверинг – на 12,5 % (797,8 кг).

При этом во всех трёх линиях удой коров по первой лактации составил 84,4-85,2 % от средней, по второй – 91,2-92,6 % и по третьей и старше лактации – 104,3-106,0 % от среднего по стаду, что обусловлено биологическими особенностями дойных животных.

Превосходство по живой массе у коров линии Р. Соверинг составило на 3,8 % или на 19,3 кг по сравнению с линией В.Б. Айдиал и на 1,1 % или на 9,4 кг – у коров линии П. Говернер.

Коровы линии Р. Соверинг превосходили по массовой доле жира в молоко-сырье животных линии В.Б. Айдиал на 0,12 % коров, и линии П. Говернер – на 0,17 %.

Таблица 1. Средняя молочная продуктивность коров в зависимости от
линейной принадлежности

Table 1. Average milk productivity of cows depending on their line

Показатель / Indicator	Линия / Line		
	В.Б. Айдиал / V.B. Ideal	Р. Соверинг / R. Sovering	П. Говернер / P. Governer
Удой за 305 дней, кг / Milk yield for 305 days, kg	6736,6±198,9	6354,2±290,6	7152,0±214,2
в т.ч. по первой лактации / including first lactation	5690±124,6	5401,7±150,4	6107,8±92,6
по второй лактации / second lactation	6197,6±97,8	5843,9±86,4	6622,7±180,4
по третьей и старше / third and more lactation	7073,4±102,8	6672,0±205,4	7582,2±224,2
Живая масса, кг / Live weight, kg	511,0±26,4	530,3±25,0	521,8±23,6
Коэффициент молочности, кг / Milk yield coefficient, kg	1314,9±76,3	1195,2±75,0	1370,4±137,1
Массовая доля жира, % / Milk mass fraction, %	4,12±0,2	4,24±0,2	4,07±0,3
Количество молочного жира, кг / Amount of milk fat, kg	277,5±9,6	268,1±11,2	291,8±11,4
Массовая доля белка, % / Mass fraction of protein, %	3,18±0,2	3,11±0,3	3,16±0,4

Превосходство по молочному жиру у потомков линии П. Говернер составило на 4,9 % (14,4 кг) и на 8,1 % (23,8 кг) над потомками линий В.Б. Айдиал и Р. Соверинг соответственно. Коровы линии В.Б. Айдиал превосходили сверстниц линии Р. Соверинг на 0,07 %, а линии П. Говернер – на 0,02 %.

Таким образом, по показателям молочной продуктивности лидировали потомки П. Говернер.

Исследование физико-химического состава молока-сырья проводили по линиям и кровности по голштинской породе (табл. 2).

Из данных таблицы 2 видно, что в молоке-сырье коров с долей кровности 51-90 % по первой лактации в группе коров линии В. Б. Айдиал было меньше сухого вещества на 0,01 %, СОМО – на 0,06 %, белка – на 0,09 % и лактозы – на 0,07 %; а жира – больше на 0,5 % по сравнению со сверстниками с кровностью по голштинам до 50 %.

У коров линии Р. Соверинг при кровности 51-90 % по сравнению с животными, голштинизированными менее, чем на 50 %, отмечается в молоке-сырье меньше сухого вещества на 0,08 % и больше СОМО – на 0,33 %, жира – на 0,15 %, белка – на 0,04 % и лактозы – на 0,01 %.

Коровы линии П. Говернер с долей кровности 51-90 % характеризовались меньшим количеством сухого вещества на 0,02 % и СОМО – на 0,13 % и большим уровнем жира на 0,11 %, белка – на 0,05 % и лактозы – на 0,02 % по сравнению с полукровными. Незначительными изменениями характеризовался показатель СОМО (10,25-10,85 %) в группах.

По содержанию массовой доли жира в молоке-сырье коров по первой лактации лидировали животные линии Р. Соверинг, у которых при кровности 51-90 % этот показатель составил 4,23 %, что на 0,15 % больше аналогичного показателя однолинейных сверстников с кровностью до 50 % (4,08 %).

Таблица 2. Физико-химический состав молока коров по трём лактациям, %
Table 2. Physico-chemical composition of milk for three lactations, %

Показатель / <i>Indicator</i>	Линия / <i>Line</i>					
	В.Б. Айдиал / <i>V.B. Ideal</i>		Р. Соверинг / <i>R. Sovering</i>		П. Говернер / <i>P. Governer</i>	
	до 50 %	51-90 %	до 50 %	51-90 %	до 50 %	51-90 %
1	2	3	4	5	6	7
Кол-во, гол. / <i>Amount, head</i>	15	15	15	15	15	15
1 лактация / 1 lactation						
Сухое вещество / <i>Dry matter</i>	14,64 ±0,88	14,63 ±0,37	14,66 ±0,50	14,58 ±0,36	14,72 ±0,31	14,70 ±0,30
СОМО / <i>Nonfat milk solids</i>	10,68 ±0,30	10,62 ±0,40	10,58±0,35	10,25±0,42	10,85±0,34	10,72±0,48
Массовая доля жира / <i>Fat mass</i> <i>fraction</i>	3,95±0,4	4,01±0,4	4,07±0,5	4,22±0,5	3,86±0,4	3,97±0,6
Массовая доля белка / <i>Protein mass</i> <i>fraction</i>	3,20±0,4	3,11±0,2	3,03±0,2	3,07±0,3	3,10±0,3	3,15±0,3
Лактоза / <i>Lactose</i>	5,04±0,16	4,97±0,21	4,98±0,18	4,97±0,18	5,00±0,19	4,98±0,17
Плотность, г/см ³ / <i>Density, g/cm³</i>	1,028±0,18	1,028±0,12	1,030±0,12	1,030±0,06	1,027±0,06	1,028±0,10
Кислотность, °T / <i>Acidity, °T</i>	16,05±0,01	16,06±0,04	16,08±0,03	16,07±0,04	16,06±0,03	16,06±0,06
2 лактация / 2 lactation						
Сухое вещество / <i>Dry matter</i>	14,50±0,45	14,70±0,16	14,60±0,3	14,87±0,26	14,79±0,65	14,74±0,22
СОМО / <i>Nonfat milk</i> <i>solids</i>	10,14±0,32	10,38±0,40	10,38±0,19	10,53±0,33	10,52±0,41	10,37±0,42
Массовая доля жира / <i>Fat mass</i> <i>fraction</i>	4,34±0,7	4,30±0,5	4,20±0,7	4,33±0,4	4,27±0,5	4,36±0,6
Массовая доля белка / <i>Protein mass</i> <i>fraction</i>	3,13±0,3	3,10±0,4	3,10±0,3	3,02±0,3	3,03±0,3	3,06±0,3
Лактоза / <i>Lactose</i>	4,93±0,24	4,96±0,18	5,00±0,22	4,96±0,20	5,00±0,22	5,01±0,21
Плотность, г/см ³ / <i>Density, g/cm³</i>	1,030±0,18	1,029±0,12	1,028±0,15	1,030±0,08	1,028±0,11	1,028±0,11
Кислотность, °T / <i>Acidity, °T</i>	16,04±0,03	16,04±0,04	16,06±0,04	16,01±0,04	16,01±0,04	16,00±0,04
3 лактация / 3 lactation						
Сухое вещество / <i>Dry matter</i>	14,46±0,61	14,66±0,53	14,78±0,31	14,54±0,38	14,40±0,67	14,38±0,29
СОМО / <i>Nonfat milk</i> <i>solids</i>	10,34±0,31	10,65±0,23	10,47±0,18	10,21±0,32	10,44±0,40	10,10±0,22
Массовая доля жира / <i>Fat mass</i> <i>fraction</i>	4,11±0,4	4,01±0,3	4,30±0,6	4,32±0,7	3,95±0,5	4,27±0,6

Продолжение таблицы 2						
1	2	3	4	5	6	7
Массовая доля белка / <i>Protein mass fraction</i>	3,30±0,2	3,13±0,2	3,20±0,2	3,25±0,4	3,29±0,5	3,19±0,3
Лактоза / <i>Lactose</i>	4,92±0,10	5,00±0,17	5,00±0,22	4,97±0,20	5,09±0,43	4,96±0,15
Плотность, г/см ³ / <i>Density, g/cm³</i>	1,028±0,26	1,027±0,18	1,030±0,11	1,030±0,10	1,027±0,12	1,028±0,12
Кислотность, °T / <i>Acidity, °T</i>	16,03±0,04	16,04±0,03	16,07±0,02	16,04±0,03	16,04±0,03	16,02±0,04
Среднее по трём лактациям / <i>Average over three lactations</i>						
Сухое вещество / <i>Dry matter</i>	14,53±0,65	14,66±0,35	14,68±0,37	14,66±0,33	14,63±0,54	14,61±0,27
СОМО / <i>Nonfat milk solids</i>	10,39±0,31	10,55±0,34	10,48±0,24	10,36±0,36	10,58±0,38	10,50±0,37
Массовая доля жира / <i>Fat mass fraction</i>	4,13±0,29	4,10±0,38	4,19±0,1	4,29±0,2	4,04±0,3	4,10±0,2
Массовая доля белка / <i>Protein mass fraction</i>	3,21±0,3	3,14±0,3	3,11±0,2	3,11±0,38	3,19±0,3	3,13±0,3
Лактоза / <i>Lactose</i>	4,93±0,16	4,97±0,17	4,98±0,17	4,97±0,20	5,02±0,27	4,98±0,2
Плотность, г/см ³ / <i>Density, g/cm³</i>	1,029±0,21	1,028±0,14	1,029±0,13	1,030±0,08	1,027±0,10	1,028±0,11
Кислотность, °T / <i>Acidity, °T</i>	16,04±0,03	16,05±0,04	16,07±0,03	16,04±0,04	16,03±0,03	16,03±0,05

Ещё одним ключевым показателем качества молока является белковомолочность. Более высокое содержание белка в молоке установлено у коров линии В.Б. Айдиал при доле кровности до 50 % (3,20 %).

Наиболее высокий показатель по уровню лактозы в молоке-сырье наблюдался по доле кровности до 50 % в группе В.Б. Айдиал и составил 5,04 %, что превосходило другие группы аналогов по данному показателю.

Плотность и кислотность молока во всех группах значительно не менялись и находились в пределах нормы на уровне молока-сырья высшего сорта и составили 1,028-1,030 г/см³ и 16,05-16,07 °T соответственно.

Анализируя представленные данные по второй лактации по содержанию сухого вещества по группам существенных различий между животными, не наблюдалось, колебания составили в пределах нормы 14,50-14,87 % с разницей по кровности 0,7-2,6 %.

Ко второй лактации наблюдается заметное увеличение содержания жира в молоке по всем линиям и группам кровности. Внутрелинейное распределение этих показателей в группе В.Б. Айдиал с долей кровности 51-90 % белка и жира было меньше на 0,04 % по сравнению со одолинейными сверстниками с кровностью до 50 % по голштинам.

Также высоким было значение СОМО с колебанием в группах в пределах 10,14-10,53 % с разницей между группами в 0,8-4,6 %, что свидетельствует о высоком качестве молока.

По линии Р. Соверинг во второй лактации сухого вещества было больше с долей кровности 51-90 % на 0,27 %, СОМО – на 0,15 % и жира – на 0,13 %, а белка и лактозы – меньше на 0,08 и 0,03 % соответственно.

По линии П. Говернер с долей кровности 51-90 % было меньше сухого вещества на 0,05 %, СОМО – на 0,15 %, жира – больше на 0,10 %, белка – на 0,04 %, лактозы – на 0,01 % по сравнению с животными кровности менее 50 %.

Следует отметить, что показатели жирномолочности по второй лактации были наибольшими по всем линиям за анализируемый период и составили 4,20-4,36 % по всем линиям. По уровню лактозы по второй лактации лидировали животные линии П. Говернер с долей кровности 51-90 % и значение составило 5,01 %.

Плотность и кислотность молока-сырья у животных второй лактации колебались в пределах нормы на уровне показаний высшего сорта 1,028-1,030 г/см³ и 16,02-16,07 °Т соответственно.

Оценивая физико-химические показатели молока-сырья по третьей лактации, можно отметить, что количество сухого вещества в молоке животных коров линии В.Б. Айдиал увеличилось на 0,20 % с долей кровности 51-90 %, СОМО – на 0,32 % и лактозы – на 0,08 %, а количество жира снизилось на 0,1 % и белка – на 0,17 % по сравнению с животными с кровностью менее 50 %.

Изменения по кровности у животных, гоштинизированных на 50-90 %, по сравнению с коровами до 50 % гоштинизации, в линии Р. Соверинг составили: уменьшение по сухому веществу, СОМО, жира и лактозы – на 0,24, 0,23, 0,1 и 0,03 соответственно, и увеличение по белку – на 0,05 %, а в линии П. Говернер уменьшение наблюдалось по всем показателям: по сухому веществу, СОМО, жиру, белку и лактозе – на 0,2, 0,34 и 0,32, 0,10 и 0,2 % соответственно.

Из средних значений таблицы 2 видно, что в молоко-сырье коров с долей кровности 51-90 % в группе коров линии В.Б. Айдиал содержание белка увеличилось на 0,07 %; а жира уменьшилась на 0,03 % по сравнению с кровностью по гоштинам до 50%.

У коров линии Р. Соверинг при кровности 51-90 % по сравнению с животными, гоштинизированными менее, чем на 50 %, отмечалось в молоко-сырье больше жира на 0,10 % и среднем равном значении белка (разница по лактациям – на 0,04-0,08 %).

Коровы линии П. Говернер с долей кровности 51-90 % характеризовались большим уровнем жира – на 0,06 %, белка – меньше на 0,06 % по сравнению с полукровными.

Плотность и кислотность молока во всех группах значительно не менялись и находились в пределах нормы на уровне молока-сырья высшего сорта и составили 1,028-1,030 г/см³ и 16,03-16,07 °Т соответственно.

Обсуждение полученных результатов.

Использование голштинской породы в СПК «Корболиха» Третьяковского района Алтайского края позволило оценить и составить программу не только повышения молочной продуктивности, но и качества молока, тем самым повысить эффективность молочного товарного хозяйства. Изучение молочной продуктивности коров показало, что удой с учётом линейной принадлежности находился в пределах 6354,2-7152,0 кг, живая масса – 511,0-530,3 кг, массовая доля жира – 4,07-4,24 % и белка – 3,11-3,18 %, что согласуется с данными, полученными другими авторами (Лебедько Е.Я., 2019; Шевелёва О.М. и Свяженина М.А., 2023; Мухтарова О.М. и Гуляйкин А.А., 2024).

При этом лучшие показатели молочной продуктивности отмечались у коров линии П. Говернер. Однако по жирномолочности лучше отселекционированы оказались коровы линии Р. Соверинг, а по белкомолочности – коровы линии В.Б. Айдиал. Это следует учитывать при организации племенной работы со стадом для достижения планируемых показателей качества молока-сырья.

Увеличение доли кровности по улучшающей породе оказало небольшое внутрилинейное влияние на качество молока-сырья.

Нашими исследованиями установлено, что при проведении селекции, недостаточно обращается внимание на такие физико-химические показатели молока-сырья, как сухое вещество, СОМО и лактоза, отдавая первенство жирномолочности, хотя именно они влияют на выход, качество и питательную ценность молочных продуктов, что подтверждается исследованиями.

Полученные материалы свидетельствуют о необходимости проведения дальнейшего мониторинга эффективности использования быков-производителей голштинской породы в товарных стадах молочных хозяйств края и их влияния на качество молока-сырья.

Аналогичные исследования, проведенные в товарных стадах Татарстана (Шайдуллин Р.Р. и др., 2023), Московской (Воронов М.В. и др., 2021), Новосибирской, Омской, Ульяновской областей и хозяйствах Алтайского края (Родина Н.Д. и др., 2022; Иванова И.П. и др., 2021; Басонов О.А. и др., 2023), позволяют сделать выводы о выраженной взаимосвязи показателей молочной продуктивности и качество молока с увеличением доли кровности по голштинской породе и линейной принадлежностью животных.

Таким образом, отечественными учёными-зоотехниками накоплен достаточно большой опыт по использованию лучших производителей перспективных линий в голштинской породе при совершенствовании племенных молочных стад не только по уровню молочной продуктивности, но и качеству молока-сырья.

Заключение.

По результатам исследований можно сделать вывод, что именно следует учитывать при производстве молока-сырья с определёнными требованиями, например, высоких характеристиках сыропригодности. В этом случае молокоперерабатывающим предприятиям, закупающим молоко для сыроделия, следует отдавать предпочтение тем хозяйствам, в которых стада отселекционированы по линиям В.Б. Айдиал и П. Говернер, чьё молоко-сырьё содержит в своём составе больше белка. А если специализацией молокоперерабатывающего предприятия является приготовление масла или кисломолочной продукции – линии Р. Соверинг с высоким уровнем голштинизации, чьё молоко содержит в своём составе больше жира.

Список источников

1. Басонов О.А., Чичаева В.Н., Гинойан Р.В. Проявление потенциала молочной продуктивности коров голштинской породы при разных сочетаниях подбора // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 4(64). С. 177-184. [Basonov OA, Chichaeva VN, Ginoyan RV. Milk productivity potential of holstein cows with different combinations of selection. Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy. 2023;4(64):177-184. (In Russ.)]. doi: 10.18286/1816-4501-2023-4-177-184
2. Бургомистрова О.Н., Хромова О.Л. Эффективность подбора с учетом коэффициента линейности в популяции черно-пестрой породы // Молочнохозяйственный вестник. 2022. № 2(46). С.53-68. [Burgomistrova ON, Khromova OL. The effectiveness of selection taking into account the linearity coefficient in the black-motley breed population. Molochnokhozayistvenny Vestnik. 2022;2(46):53-68. (In Russ.)]. doi: 10.52231/2225-4269_2021_3_53
3. Влияние продолжительности сервис-периода коров на показатели их продуктивного долголетия / О.С. Чеченихина, А.В. Степанов, О.А. Быкова, О.Н. Аксенова // Животноводство и кормопроизводство. 2019. Т. 102. № 4. С. 138-149. [Chechenikhina OS, Stepanov AV, Bykova OA, Aksenova ON. The impact of duration of service period of cows on indicators of their productive longevity. Animal Husbandry and Fodder Production. 2019;102(4):138-149. (In Russ.)]. doi: 10.33284/2658-3135-102-4-138
4. Горшков В.В., Кундиус В.А. Перспективы развития органического животноводства стран Большого Алтая на основе биотехнологий // Grand Altai Research&Education. 2020. №1(12). С. 44-53. [Gorshkov VV, Kundius VA. Perspektivy razvitiya organicheskogo zhi-votnovodstva stran Bol'shogo Altaia na osnove biotekhnologij. Grand Altai Research&Education. 2020;1(12):44-53. (In Russ.)]. doi: 10.25712/ASTU.2410-485X.2020.01.005

5. Закирова Р.Р., Ямщиков А.П., Березкина Г.Ю. Оценка быков-производителей разного происхождения по реализации генетического потенциала // Животноводство и кормопроизводство. 2023. Т. 106. № 2. С. 21-29. [Zakirova RR, Yamshchikov AP, Berezkina GYu. Assessment of sires of different origin according to the realization of their genetic potential. Animal Husbandry and Fodder Production. 2023;106(2):21-29. (In Russ.)]. doi: 10.33284/2658-3135-106-2-21
6. Иванова И.П., Юрченко Е.Н., Юрк Н.А. Генетический потенциал и фенотипический уровень молочной продуктивности коров в Омской области // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2021. № 4. С.159-167. [Ivanova IP, Yurchenko EN, Yurk NA. Genetic potential and phenotypic level of milk productivity of cows in the Omsk region. Technologies of the Food and Processing Industry of the Agro-Industrial Complex-Healthy Food Products. 2021;4:159-167.(In Russ.)]. doi: 10.24412/2311-6447-2021-4-159-167
7. Лебедько Е.Я. Повышение эффективности использования быков-производителей голштинской породы красно-пёстрой масти при совершенствовании молочной продуктивности в племенном стаде // Животноводство и кормопроизводство. 2019. Т. 102. № 4. С. 114-122. [Lebedko EYa. Improving the efficiency of using Holstein bulls of Red Spotted color improving milk productivity in the breeding herd. Animal Husbandry and Fodder Production. 2019;102(4):114-122. (In Russ.)]. doi: 10.33284/2658-3135-102-4-114
8. Маницкая Л., Рыбина А. Молочный сектор АПК: достижения и цели // Животноводство России. 2024. № 2. С. 31-33. [Manitskaya L, Rybin A. Dairy sector of agribusiness: achievements and targets. Zhivotnovodstvo Rossii. 2024;2:31-33. (In Russ.)].
9. Мкртчян Г.В., Мухтарова О.М. Зоотехническая оценка молочного стада крупного рогатого скота // Инновационная наука. 2022. № 5-1. С. 41-44. [Mkrtchyan GV, Mukhtarova OM. Zootechnical assessment of the dairy herd of cattle. Innovation Science. 2022;5-1:41-44. (In Russ.)].
10. Молочная продуктивность дочерей быков-производителей различных линий голштинской породы и содержание соматических клеток в молоке / Д.К. Найманов, Г.И. Шайкамал, А.Т. Кажиякбарова, Е.Б. Джуламанов // Животноводство и кормопроизводство. 2019. Т. 102. № 2. С. 115-124. [Naimanov DK, Shaykamal GI, Kazhiyakbarova AT, Dzulamanov EB. Milk productivity of daughters from sires of various lines of Holstein breed and the content of somatic cells in milk. Animal Husbandry and Fodder Production. 2019;102(2):115-124. (In Russ.)]. doi: 10.33284/2658-3135-102-2-115
11. Молочная продуктивность коров в зависимости от линейной принадлежности / М.В. Воронов, Н.А. Федосеева, Т.Н. Пимкина, О.В. Горелик // Главный зоотехник. 2021. № 11. С. 21-30. [Voronov MV, Fedoseeva Na, Pimkina Tn, Gorelik Ov. Milk productivity of cows depending on their origin on genealogical line. Glavnyj zooteknik. 2021;11:21-30. (In Russ.)]. doi: 10.33920/sel-03-2111-03
12. Молочная продуктивность коров, происходящих из перспективных ветвей голштинской породы / Р.Р. Шайдуллин, Ч.А. Харисова, Т.М. Ахметов, А.С. Тенлибаева // Агробιο-технологии и цифровое земледелие. 2023. № 2(6). С. 52-56. [Shaydullin R, Kharisova Ch, Ahmetov T, Tenlibayeva A. Dairy productivity of cow sorigining from perspective branches of the holstianian breed. Agrobiotechnologies and Digital Farming. 2023;2(6):52-56. (In Russ.)]. doi: 10.12737/2782-490X-2023-52-56
13. Мухтарова О.М., Гуляйкин А.А. Генетическая стратегия формирования племенных стад в молочном скотоводстве: внутрилинейный подбор и кросс линий // Международный научно-исследовательский журнал. 2024. № 5(143). С. 1-5. [Mukhtarova OM, Gulyaikin AA. Genetic strategy for the formation of breeding herds in dairy cattle breeding: intra-line selection and line crossing. International Research Journal. 2024;5(143):1-5. (In Russ.)]. doi: 10.60797/IRJ.2024.143.73
14. Скрещивание черно-пестрой породы коров - как способ улучшения технологических характеристик молока-сырья / Н.Д. Родина и др. // Ползуновский вестник. 2022. № 1. С. 47-54. [Rodina ND et al. Relationship between the technological characteristics of different breeds of cows and the quality of raw milk. Polzunovskiy vestnik. 2022;1:47-54. (In Russ.)]. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.01.006
15. Тарасова Е.И., Нотова С.В. Гены-маркеры продуктивных характеристик молочного скота (обзор) // Животноводство и кормопроизводство. 2020. Т. 103. № 3. С. 58-80. [Tarasova EI,

Notova SV. Gene markers of the productive characteristics of dairy cattle (review). *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2020;103(3):58-80. (*In Russ.*). doi: 10.33284/2658-3135-103-3-58

16. Харитонов А.С. Взаимосвязь между селекционными признаками у коров голштинской породы разных линий // Вестник аграрной науки. 2020. № 3(84). С. 184-189. [Kharitonova AS. The correlations between celection traits of cows in different lines holstein breed. *Bulletin of Agrarian Science*. 2020;3(84):184-189. (*In Russ.*). doi: 10.17238/issn2587-666X.2020.3.184

17. 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. [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.*). doi: 10.33284/2658-3135-107-2-107

18. Шевелёва О.М., Свяженина М.А. Влияние быков на продуктивные качества потомства // Животноводство и кормопроизводство. 2023. Т. 106. № 4. С. 40-56. [Sheveleva OM, Svyazhenina MA. The influence of bulls on the productive qualities of progeny. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2023;106(4):40-56. (*In Russ.*). doi: 10.33284/2658-3135-106-4-40

19. Шендаков А.И. Реализация продуктивных признаков молочного скота в хозяйствах Орловской области // Вестник аграрной науки. 2021. № 5(92). С.73-77. [Shendakov AI. Implementation of the productive traits of dairy cattle in farms of the Orel region. *Bulletin of Agrarian Science*. 2021;5(92):73-77. (*In Russ.*). doi: 10.17238/issn2587-666X.2021.5.73

References

1. Basonov OA, Chichaeva VN, Ginoyan RV. Milk productivity potential of holstein cows with different combinations of selection. *Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy*. 2023; 4(64):177-184. doi: 10.18286/1816-4501-2023-4-177-184

2. Burgomistrova ON, Khromova OL. The effectiveness of selection taking into account the linearity coefficient in the Black Spotted breed population. *Dairy Herald*. 2022;2(46):53-68. doi: 10.52231/2225-4269_2021_3_53

3. Chechenikhina OS, Stepanov AV, Bykova OA, Aksenova ON. The impact of duration of service period of cows on indicators of their productive longevity. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2019;102(4):138-149. doi: 10.33284/2658-3135-102-4-138

4. Gorshkov VV, Kundius VA. Prospects for the development of organic animal husbandry in the Greater Altai countries based on biotechnology. *Grand Altai Research&Education*. 2020;1(12):44-53. doi: 10.25712/ASTU.2410-485X.2020.01.005

5. Zakirova RR, Yamshchikov AP, Berezkina GYu. Assessment of sires of different origin according to the realization of their genetic potential. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2023;106(2):21-29. doi: 10.33284/2658-3135-106-2-21

6. Ivanova IP, Yurchenko EN, Yurk NA. Genetic potential and phenotypic level of milk productivity of cows in the Omsk region. *Technologies of the Food and Processing Industry of the Agro-Industrial Complex-Healthy Food Products*. 2021;4:159-167. doi: 10.24412/2311-6447-2021-4-159-16

7. Lebedko EYa. Improving the efficiency of using Holstein bulls of Red Spotted color improving milk productivity in the breeding herd. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2019;102(4):114-122. doi: 10.33284/2658-3135-102-4-114

8. Manitskaya L, Rybin A. Dairy sector of agribusiness: achievements and targets. *Animal Husbandry in Russia*. 2024;2:31-33.

9. Mkrtchyan GV, Mukhtarova OM. Zootechnical assessment of the dairy herd of cattle. *Innovative Science*. 2022;5-1:41-44.

10. Naimanov DK, Shaykamal GI, Kazhiyakbarova AT, Dzulamanov EB. Milk productivity of daughters from sires of various lines of Holstein breed and the content of somatic cells in milk. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2019;102(2):115-124. doi: 10.33284/2658-3135-102-2-115

11. Voronov MV, Fedoseeva NA, Pimkina TN, Gorelik OV. Milk productivity of cows depending on their origin on genealogical line. Chief Zootechnician. 2021;11:21-30. doi: 10.33920/sel-03-2111-03
12. Shaydullin R, Kharisova Ch, Ahmetov T, Tenlibayeva A. Dairy productivity of cows originating from perspective branches of the Holstein breed. Agrobiotechnologies and Digital Farming. 2023;2(6):52-56. doi: 10.12737/2782-490X-2023-52-56
13. Mukhtarova OM, Gulyaikin AA. Genetic strategy for the formation of breeding herds in dairy cattle breeding: intra-line selection and line crossing. International Research Journal. 2024;5(143):1-5. doi: 10.60797/IRJ.2024.143.73
14. Rodina ND et al. Relationship between the technological characteristics of different breeds of cows and the quality of raw milk. Povolzhsky Vestnik. 2022;1:47-54. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.01.006
15. Tarasova EI, Notova SV. Gene markers of the productive characteristics of dairy cattle (review). Animal Husbandry and Fodder Production. 2020;103(3):58-80. doi: 10.33284/2658-3135-103-3-58
16. Kharitonova AS. The correlations between selection traits of cows in different lines of the Holstein breed. Bulletin of Agrarian Science. 2020;3(84):184-189. doi: 10.17238/issn2587-666X.2020.3.184
17. 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. doi: 10.33284/2658-3135-107-2-107
18. Sheveleva OM, Svyazhenina MA. The influence of bulls on the productive qualities of progeny. Animal Husbandry and Fodder Production. 2023;106(4):40-56. doi: 10.33284/2658-3135-106-4-40
19. Shendakov AI. Implementation of the productive traits of dairy cattle in farms of the Orel region. Bulletin of Agrarian Science. 2021;5(92):73-77. doi: 10.17238/issn2587-666X.2021.5.73

Информация об авторах:

Виталий Викторович Горшков, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедрой технологии производства и переработки продукции животноводства биолого-технологического факультета, Алтайский государственный аграрный университет, 656049, Алтайский край, г. Барнаул, пр-т. Красноармейский, д. 98, тел.: +7-903-957-5424.

Елена Михайловна Щетинина, доктор технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории пищевых биотехнологий и специализированных продуктов, Федеральный исследовательский центр питания и биотехнологии, 109240, г. Москва, Устьинский проезд 2/14, тел.: +7-923-645-2149.

Information about the authors:

Vitaly V Gorshkov, Cand. Sci. (Agriculture), Associate Professor, Head of the Department of the Department of Production Technology and Processing of Livestock Products, Faculty of Biology and Technology, Altai State Agrarian University, 98 Krasnoarmeysky Ave., Barnaul, Altai Territory, 656049, tel.: +7-903-957-5424.

Elena M Shchetinina, Dr. Sci. (Technical), Associate Professor, Leading Researcher at the Laboratory of Food Biotechnologies and Specialized Products, Federal Research Center for Nutrition and Biotechnology, 2/14 Ustinsky proezd Moscow, 109240, tel.: +7-923-645 -2149.

Статья поступила в редакцию 01.07.2024; одобрена после рецензирования 25.07.2024; принята к публикации 09.09.2024.

The article was submitted 01.07.2024; approved after reviewing 25.07.2024; accepted for publication 09.09.2024.

Животноводство и кормопроизводство. 2024. Т. 107, № 3. С. 119-137.
Animal Husbandry and Fodder Production. 2024. Vol. 107, no 3. P. 119-137.

ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА КОРМЛЕНИЯ

Обзорная статья
УДК 636.5:636.085:591.11
doi:10.33284/2658-3135-107-3-119

Эффективность применения растительных кормовых добавок в кормлении сельскохозяйственной птицы

Елена Юрьевна Залюбовская¹, Мария Салиховна Мансурова²

^{1,2}Дальневосточный зональный научно-исследовательский ветеринарный институт,
Амурская область, Благовещенск, Россия

¹dalznivilabbiohim@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4339-7912>

²maro4ka89@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1747-7799>

Аннотация. Основной целью яичного птицеводства является активное развитие отрасли путём использования высокопродуктивных гибридных пород птицы и обеспечение полноценного питания стада. Качественное и сбалансированное питание является основой здоровья птицы, её быстрого роста и развития. Для достижения наилучших результатов необходимо использовать дополнительные препараты, которые помогут сбалансировать рацион кормления. В настоящее время в птицеводстве широко используются кормовые антибиотики. Однако применение антибиотиков в кормлении птиц также вызывает опасения относительно развития устойчивости бактерий к антибиотикам и возникновения резистентности к ним. Органическое сельское хозяйство становится предпочтительным выбором для современных развитых стран, которые уже отказались от применения антибиотиков в птицеводстве. В кормлении птицы теперь используются добавки на основе растительного сырья вместо антибиотиков. Фитобиотики – это природные кормовые добавки, которые отличаются экологической безопасностью при использовании в современных технологиях животноводства. Они обладают противовирусными, антимикробными, противогрибковыми, иммуномодулирующими противовоспалительными и многими другими свойствами. Применение фитобиотиков способствует увеличению производства пищеварительных ферментов, улучшает усвоение кормов, повышает перевариваемость и усвоение питательных веществ из корма, а также сокращает затраты на производство продукции птицеводства. Использование растительных добавок в птицеводстве актуально, в том числе из-за их безопасности для здоровья птиц и людей, которые являются конечными потребителями продукции, полученной с использованием этих кормов.

Ключевые слова: сельскохозяйственная птица, кормление, фитогенные кормовые добавки, обмен веществ, живая масса, кровь, продуктивность, сохранность

Благодарности: исследования выполнены в соответствии с планом НИР на 2024 г. ФГБНУ ДальЗНИВИ (№ FNGS-2022-0002).

Для цитирования: Залюбовская Е.Ю., Мансурова М.С. Эффективность применения кормовых добавок в кормлении сельскохозяйственной птицы (обзор) // Животноводство и кормопроизводство. 2024. Т. 107, № 3. С. 119-137. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-107-3-119>

THEORY AND PRACTICE OF FEEDING

Review article

Efficiency of using plant feed additives in feeding poultry

Elena Y Zalyubovskaya¹, Maria S Mansurova²^{1,2}Far East Zone Research Veterinary Institute, Amur region, Blagoveshchensk, Russia¹dalznivilabbiohim@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4339-7912>²maro4ka89@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1747-7799>

Abstract. The main objective of egg farming is the active development of industry through the use of highly productive hybrid poultry breeds and ensuring proper nutrition of the herd. A high-quality and balanced diet is the basis of poultry health, its rapid growth and development. To achieve the best results, it is necessary to use additional medications that will help balance the feeding diet. Currently, feed antibiotics are widely used in poultry farming. However, the use of antibiotics in bird feeding also raises concerns about the development of bacterial resistance to antibiotics and the emergence of resistance to them. Organic agriculture is becoming the preferred choice for modern developed countries that have already abandoned the use of antibiotics in poultry farming. Plant-based additives are now used in poultry feeding instead of antibiotics. Phytobiotics are natural feed additives that are environmentally safe when used in modern animal husbandry technologies. Phytobiotics have antiviral, antimicrobial, antifungal, immunomodulatory, anti-inflammatory and many other properties. The use of phytobiotics helps to increase the production of digestive enzymes, improves the assimilation of feed, increases the digestibility and absorption of nutrients from feed, and also reduces the cost of poultry production. The use of herbal additives in poultry farming is relevant, among other things, because of their safety for the health of birds and people who are the end consumers of products obtained using these feeds.

Keywords: agricultural poultry, feeding, phytogenic feed additives, metabolism, live weight, blood, productivity, safety

Acknowledgments: the research was performed in accordance to the plan of research works for 2024 FSDSI FEZRV (No. FNGS-2022-0002).

For citation: Zalyubovskaya EY, Mansurova MS. Efficiency of using plant feed additives in feeding poultry (review). *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2024;107(3):119-137. (In Russ.). <https://doi.org/10.33284/2658-3135-107-3-119>

Введение.

В современном мире ключевым фактором успешного развития птицеводства является использование высокопродуктивных кроссов птиц и обеспечение полноценного питания стада (Даниленко И.Ю. и др., 2022). Для достижения оптимальных результатов необходимо применять дополнительные препараты, обеспечивающие балансировку рациона кормления. Внимательный подход к этим аспектам позволит повысить производительность птиц и обеспечить максимальную отдачу от инвестиций в птицеводство (Медетханов Ф.А. и др., 2021; Котарев В.И. и Денисенко Л.И., 2023; Суфьянова Л.М. и др., 2021).

В настоящее время в птицеводстве широко используются кормовые антибиотики. Однако их необдуманное применение может привести к негативным последствиям. Использование антибиотиков в избытке может подавить нормальную микрофлору кишечника птиц и снизить её иммунитет (Мусиенко В.В. и др., 2020; Rafiq K et al., 2022). Кроме того, это может вызвать антибиотикоустойчивость микроорганизмов из-за генетических мутаций. Одним из опасных свойств антибиотиков является их способность накапливаться в органах и тканях птицы, а также в птицеводческой продукции. В результате этого у людей возникает риск потребления продуктов животного происхождения с высоким уровнем антибиотиков (Багно О.А. и др., 2018). Необходимо тщательно контролировать и регулировать использование кормовых антибиотиков в птицеводстве, чтобы

предотвратить негативные последствия и обеспечить безопасность продукции (Дускаев Г.К. и Климова Т.А., 2022; Конакова И.А. и др., 2022).

Современные развитые страны уже отказались от использования антибиотиков в птицеводстве и переходят на органическое сельское хозяйство (Стрельникова И.И. и Кислицына Н.А., 2020). Вместо антибиотиков в кормлении птицы начали применяться добавки растительного происхождения, которые улучшают качество сырья и продуктов его переработки, при этом не представляющие вреда для здоровья человека (Буяров В.С. и др., 2020; Краснобаев Ю.В., 2020; Стрельникова И.И. и Кислицына Н.А., 2020). Фитобиотики – это растительные соединения, которые являются натуральными, экологически чистыми и нетоксичными (Петруша Ю.К. и др., 2022). Они содержат природные биоактивные вещества, такие как терпеноиды, алкалоиды, гликозиды, фенолы и другие (Jachimowicz K et al., 2022; Wafaa A and Abd El-Ghany, 2020; Тимофеев Н.П., 2021). Фитобиотики обладают антибактериальными, антимикробными, противовирусными, иммуностимулирующими и другими полезными свойствами для организма (Drannikov AV et al., 2021; Mohammad GM and Kim IH, 2018). Их использование способствует увеличению выработки пищеварительных ферментов, улучшает поедаемость кормов, повышает перевариваемость и усвоение питательных веществ корма, а также снижает затраты на производство птицеводческой продукции (Дускаев Г.К. и др., 2023; Kikusato M, 2021; Basit MA et al., 2020).

Цель исследования.

Провести анализ литературы по использованию фитобиотиков в птицеводстве, изучить результаты научных исследований, проведенных как в России, так и за рубежом. А также оценить практический опыт применения данных добавок птицеводами и сельхозпредприятиями.

Материалы и методы исследования.

Методологическими подходами стали научные исследования современных отечественных и иностранных авторов, изучающих эффективность использования фитобиотиков в птицеводстве.

Результаты исследования и их обсуждение.

В современном сельскохозяйственном секторе растёт спрос на натуральные кормовые добавки, обладающие антимикробными, антиоксидантными и пробиотическими свойствами. Среди многочисленного растительного сырья на первый план выходит корица, которая подтвердила свою эффективность в птицеводстве. Корица богата эфирными маслами, флавоноидами, куркуминоидами, кумаринами, дубильными веществами, алкалоидами и другими биоактивными компонентами, оказывает комплексное благоприятное воздействие на здоровье птицы. Эти вещества обладают мощными антимикробными свойствами, которые способствуют борьбе с инфекциями и укреплению иммунной системы птицы, а также используются для производства безопасной птицеводческой продукции. Поскольку растёт беспокойство по поводу использования антибиотиков в животноводстве, корица представляет собой ценную альтернативу традиционным фармацевтическим препаратам.

В опыте, проведенном Akhtar A с соавторами (2021), было исследовано использование корицы в рационах цыплят-бройлеров. Авторы отмечают, что добавление корицы в корм птицы положительно влияет на усвоение питательных веществ, снижает уровень холестерина, улучшает биохимический профиль крови, влияет на экспрессию генов, иммунитет и здоровье кишечника, что помогает смягчить воздействие болезней и стрессовых факторов окружающей среды. Исследования других авторов показывают, что корицу можно использовать в птицеводстве для улучшения безопасности пищевых продуктов, здоровья и экономических показателей (El-Hack A et al., 2020; Krauze M et al., 2020).

Было проведено исследование динамики биохимических показателей крови цыплят-бройлеров, которым давали различные дозы экстракта тимьяна (Vagno OA et al., 2019). Установлено, что введение этого экстракта в рацион цыплят-бройлеров в дозах 2, 4, 6, 8 и 10 миллиграмм на

килограмм массы тела не вызывало значительных изменений в показателях биохимического состояния крови подопытных цыплят. Все показатели находились в пределах физиологических референтных значений. Однако была замечена явная тенденция увеличения содержания общего белка: на 21 день – с 6,9 % до 21,8 %; на 40 день – с 2,9 % до 14,2 %. Уровень триглицеридов был снижен: на 21-й день – с 23,0 до 36,3 % и на 40-й день – с 1,7 до 51,3 %.

Исследование Mohiti-Asli M и Ghanaatparast-Rashti M (2017) проводилось с целью сравнительной оценки различных доз эфирного масла орегано в рационах цыплят-бройлеров кросса Росс 308 на параметры роста и иммунный ответ. За весь период исследования среднесуточное потребление корма оказалось ниже у птиц, которым давали различные дозы эфирного масла орегано. Коэффициент эффективности производства был выше у бройлеров, получавших с рационом 0,03 % эфирного масла орегано в виде порошка. У них наблюдалось более высокое содержание иммуноглобулина G, тогда как количество гетерофилов в крови и соотношение гетерофилов к лимфоцитам было снижено. Добавление эфирного масла орегано в рацион цыплят в данном количестве благоприятно влияло на продуктивность и иммунный ответ бройлеров.

В ходе 57-дневного исследования было изучено воздействие растительных добавок на производительность бройлерных кур (кросса Росс 308), их иммунную функцию и микрофлору кишечника. Добавление орегано как отдельно, так и в сочетании с розмарином значительно влияло на живую массу птицы в возрасте 11, 22 и 36 дней. Так, в 11-дневном возрасте наибольшая живая масса наблюдалась в группе, которой скармливали орегано, в ней увеличение показателя составило 23,1 %. При введении в рацион розмарина и орегано+розмарин увеличение было не столь значительным 2,3-8,8 %. В 22-дневном возрасте лучший результат показало совместное скармливание добавки: увеличение живой массы составило 29,4 %, при скармливании розмарина и орегано по отдельности показатель был увеличен на 19,7 % и 26,7 % соответственно. Данная картина наблюдалась и в 36-дневном возрасте, при совместном введении данной добавки в корм живая масса увеличилась на 20,3 %, в группах, где скармливали розмарин и орегано по отдельности – на 12,3 % и 15,6 % (Franciosini MP et al., 2016).

Результаты исследований Xianjing He с коллегами (2017) показали, что использование эфирного масла орегано в дозе 100 мг/кг рациона 30-недельных несушек значительно улучшило ($p<0,01$) процент снесённых яиц, средний вес яйца, скорость потребления корма, активность амилазы и трипсина. Добавление эфирного масла орегано значительно увеличивало количество кишечных бифидобактерий и лактобацилл ($p<0,01$), в то время как количество кишечной палочки и сальмонеллы заметно снижалось ($p<0,01$), а также увеличивало высоту ворсинок двенадцатиперстной кишки ($p>0,05$). Более того, уровни экспрессии генов GLUT2 (глюкозы 2), PепT1 (пептидного транспортера 1) и SGLT1 (натрий-глюкозного котранспортера 1) в двенадцатиперстной и тощей кишке значительно повысились у кур-несушек, получавших рацион с добавлением 100 мг/кг эфирных масел орегано ($p<0,01$). В результате продуктивность несушек увеличилась, а усвоение питательных веществ улучшилось.

Исследования по использованию растительной кормовой добавки из экстракта древесины сладкого каштана в дозе 400 г на 1 тонну комбикорма в рационе цыплят-бройлеров кросса Кобб-500 показали значительные результаты (Zaikina AS et al., 2022). В возрасте 7 дней цыпленка имели живую массу, превышающую исходную на 4,4 %, а в возрасте 14 – на 7,2 %. Сохранность поголовья была на 0,4 % выше. Выход мяса и индекс продуктивности составили 47,3 кг/м² и 491,9 единиц, что выше на 8,5 % и 5,9 %. По результатам забоя цыплят-бройлеров самый высокий показатель живой массы перед забоем был у петушков, получавших добавку в данной дозировке, что выше на 5,5 %. Масса грудных мышц была выше на 13,51% при добавлении фитобиотика. Масса мышц голени, включая массу голени и бедра, в группе без кормовой добавки составила 509,8 г, в то время как в группе, получавшей фитобиотик, она была выше на 98,6 г. Включении в рацион растительной добавки привело к увеличению переваримости сухого вещества на 2,04 %.

Состав фитобиотической кормовой добавки «Активо» представлен смесью эфирных масел орегано, тимьяна, розмарина и экстракта перца чили. В качестве наполнителя использовались гид-

рогенизированные растительные жиры. Жидкая кормовая добавка «Активо Ликвид» – фитобиотик, который содержит масла корицы и орегано, а также лимонную кислоту в качестве активных компонентов. Вспомогательные вещества включают пектин, хлорид натрия и дистиллированную воду.

Использование новых фитодобавок «Активо» и «Активо Ликвид», обладающих антибактериальными, антиоксидантными свойствами и хорошим вкусом, в составе основного рациона кур способствовало нормализации обмена веществ у птицы. Окислительно-восстановительные процессы были оптимизированы, биосинтез белка усилен, а липидный обмен активизирован. В результате этого птицы получили больше метаболической энергии, что позволило им эффективнее превращать питательные вещества комбикорма в продукцию. Использование испытуемых препаратов привело к усилению защитно-приспособительных механизмов в организме птицы, что повысило сохранность поголовья, а также позволило курам достичь пика продуктивности раньше и дольше удерживать его на более высоком уровне (Шацких Е.В. и Латыпова Е.Н., 2023).

В статье приведены результаты исследования влияния фитобиотической кормовой добавки «Активо» на развитие иммунных органов цыплят-бройлеров кросса Росс-308: тимуса, тканевой сумки и селезёнки. В рацион цыплят, начиная с 5-го дня жизни, в количестве 0,15 г на 1 кг кормового концентрата вводилась исследуемая добавка. Она оказала благоприятное влияние на развитие иммунной системы. По окончании выращивания масса тканевой сумки у цыплят, не получавшей добавку, уступала экспериментальным значениям на 3,0 %, масса тимуса – на 4,1 %, а масса селезёнки – на 23,1 %. Анализ процессов, зафиксированных в препаратах гистологических срезов селезёнки, тимуса и тканевой сумки 37-дневных цыплят-бройлеров, показал высокие показатели клеточного и гуморального иммунитета, благополучие подопытного поголовья по инфекционным и паразитарным заболеваниям (Shatskikh EV et al., 2022).

В настоящее время большое внимание уделяется разработке фитобиотиков в качестве кормовой добавки для сельскохозяйственной птицы, которые могут заменить антибиотики. Цель исследования Moharteri M с-коллегами (2021) заключалась в разработке микрокапсул, содержащих смесь эфирных масел (тимьяна, мяты, пикантного и чёрного перцев), и оценке их полезного воздействия на цыплят-бройлеров, заражённых *Clostridium perfringens*. По результатам исследования было установлено, что сферические микрокапсулы смеси эфирных масел имели размер частиц 158,6 мкм и эффективность капсулирования 94,2 %. Основными активными соединениями были тимол, карвакрол, п-цимен и γ -терпинен. Микрокапсулирование эфирного масла эффективно предотвращало высвобождение фенольных соединений в верхних отделах ЖКТ и способствовало их доставке в нижние отделы у цыплят-бройлеров. Введение микрокапсул в корм (0,5, 1 и 2 кг/т) улучшило рост, общее потребление корма, антиоксидантный статус организма, морфоструктуру подвздошной кишки и микробную популяцию кишечника у цыплят-бройлеров, инфицированных *C. Perfringens*.

Крапива (*Urtica dioica*) содержит широкий спектр химических компонентов, которые придают растению сильную антиоксидантную способность. Цель исследования заключалась в изучении экспрессии генов антиоксидантов и реакции на лёгочную гипертензию у цыплят-бройлеров (Ross 308), которым давали крапиву. Результаты показали, что у цыплят, получавших *U. dioica*, наблюдалась значительная сверхэкспрессия генов каталазы (CAT) и супероксиддисмутазы 1 (SOD1) в печени и лёгких. Это привело к снижению перекисного окисления липидов, что отразилось на уменьшении концентрации малонового диальдегида (MDA) и повышении концентрации оксида азота (NO) в крови птицы. Кроме того, скормливание *U. dioica* в количестве 1 % и 1,5 % приводило к уменьшению гипертрофии правого желудочка и снижению смертности от синдрома лёгочной гипертензии. Таким образом, скормливание *U. dioica* усиливало регуляцию генов антиоксидантов в печени и лёгких молодняка (Ahmadipour B and Khajali F, 2019).

Исследование (Медетханов Ф.А. и др., 2021) показало, что при введении в рацион растительной добавки «Ксенивет» в виде водного раствора цыплята имели больший вес. С 21 дня опыта было замечено значительное увеличение абсолютного прироста на 1,0 % и среднесуточного темпа роста – на 0,7 %. Вес цыплят на 28-й день эксперимента увеличился на 6,4 %. На 38-й день иссле-

дований бройлеры достигли максимальной массы тела и среднесуточного прироста, увеличение составило 3,8 % и 4,0 % соответственно. Использование данной добавки способствовало более высоким показателям сохранности цыплят. Также следует отметить, что за всё время эксперимента без использования добавки погибло 3 цыплёнка, сохранность составила 92,5 %, тогда как при введении добавки – только один и сохранность поголовья составила 97,5 %.

В составе фитобиотической кормовой добавки «Экстракт 6930» присутствуют активные компоненты, включая карвакрол, терпентин из стручкового перца и коричный альдегид. Содержащиеся в нём биологически активные вещества способствуют снижению pH в ЖКТ, увеличивают уровень жирных кислот. Они также улучшают баланс кишечной микрофлоры, особенно стимулируя рост лактобактерий и обеспечивая контроль за патогенной микрофлорой в кишечнике. Исследование показало, что добавление фитобиотика «Экстракт 6930» в рацион цыплят-бройлеров приводит к следующим результатам: улучшению потребления кормов – на 3,7 %, увеличению живой массы – на 9,1 % и снижению расходов на кормление – на 4,7 % на каждый килограмм прироста. Наблюдалось увеличение тушек по массе филе на 14,24 % и мышц ног – на 14,8 % (Царук Л.Л., 2019).

Большое внимание уделяется шиповнику как добавке, используемой в кормлении птицы. Благодаря высокому содержанию витамина С, витаминов группы В, витаминов К, А, Р, Е, а также микро- и макроэлементов, шиповник является очень полезным продуктом. В него также входят катехины, природные сахара, пектиновые вещества, эфирные масла, незаменимые жирные кислоты (линолевая, линоленовая), органические кислоты и другие многочисленные вещества (Igal M et al., 2021; Nitievskaia KN, 2020).

Плоды шиповника способны стимулировать окислительно-восстановительные процессы в организме, улучшать функционирование ферментных систем, благоприятно влиять на процессы восстановления тканей, синтез гормонов и углеводный обмен, а также способствовать снижению проницаемости сосудов. Плоды шиповника обладают антимикробными, противовоспалительными, иммуномодулирующими, кардиопротекторными и другими полезными свойствами. Они применяются при лечении пневмонии, гиперлипидемии, заболеваниях печени, почек, кишечника и других заболеваниях (Gjorgovska N et al., 2021).

В своих исследованиях Agayeva EM и её коллеги (2022) на цыплятах-бройлерах Росс 308 изучали действие растительного препарата из шиповника в сочетании с птичьей вакциной Sebak I Bird в качестве иммуностимулятора для определения оптимальной дозы. В ходе исследования было выявлено значительное снижение уровня эритроцитов на 5,0-15,0 % и моноцитов – на 1,5-3,5 %, а также увеличение количества лейкоцитов и лимфоцитов. Наибольшее количество Т-лимфоцитов было обнаружено при дозе растительного экстракта 1,5 мг/кг – $8,8 \pm 0,25$. При изучении уровня иммунитета после вакцинации с применением растительного экстракта было выявлено, что при дозе экстракта 1,5 мг/кг произошло наибольшее увеличение титра антител на 9,0 %. Таким образом, наиболее выраженная эффективность вакцинации была отмечена при вводе дозировке 1,5 мг/кг, что позволяет рекомендовать применение экстракта этого растения в сочетании с вакцинами для повышения поствакцинального иммунитета к инфекционному бронхиту.

Согласно исследованию, оценивающему влияние добавок из шиповника на яйценоскость, морфологию яиц, окисление липидов желтка и некоторые параметры крови у кур-несушек, с добавлением в рацион 0,5 % от массы корма сушёного и измельчённого шиповника помогло снизить уровень триглицеридов в сыворотке крови. Уровень малонового диальдегида (МДА) в желтке значительно снизился после хранения яиц в холодильнике и при комнатной температуре в течение 30 дней ($p < 0,05$; $p < 0,01$). Использование 0,5 % плодов шиповника привело к значительному увеличению пигментации яичного желтка ($p < 0,001$) (Grigorova S et al., 2021; Gjorgovska N et al., 2021).

Исследование (Natic KA et al., 2019) проводилось для определения влияния добавок из молотых семян шиповника на продуктивность, качество яиц и некоторые параметры сыворотки у несушек Ломан Браун при различных уровнях их потребления. Добавление семян шиповника в рацион несушек на уровне 15 % увеличивало яйценоскость ($p < 0,05$) и снижало количество повре-

ждённых яиц. А также наблюдалось увеличение показателей сыворотки крови, таких как АЛТ ($p < 0,05$), альбумин, общий холестерин, липопротеины очень низкой плотности и триглицериды.

В ходе эксперимента с цыплятами-бройлерами было выяснено, что добавление расторопши в дозе 1 % от массы корма приводит к следующим результатам: увеличению живой массы птицы, снижению расходов корма на рост, улучшению кислородного обмена в организме, а также воздействию на состав белков в сыворотке крови и параметры размеров внутренних органов. Когда цыплята достигли возраста 30 дней, у них были более высокие показатели массы органов. Кроме того, органы кровообращения, выделения, иммунокомпетентные органы и железы внутренней секреции были лучше развиты. Среднесуточный прирост цыплят-бройлеров превышал показатель на 16,3 %. У 42-дневных бройлеров лучше была развита грудная мышца, её масса составляла от 18,5 % до 18,9 % от общей массы птицы. Было обнаружено, что добавление расторопши в корм птицы приводит к уменьшению содержания тяжёлых металлов и увеличению накопления витаминов А, Е и С в печени. Проведённый анализ микрофлоры толстой кишки цыплят показал, что наблюдалась стабилизация и увеличение роста нормальной симбиотической кишечной микрофлоры, а также подавление роста колиформных микроорганизмов (Андреева Н.В. и др., 2020).

Представлены результаты использования хвойной энергетической добавки в кормах для полноценного питания петушков кросса Ломан-Браун. При использовании добавки замечен значительный прирост живой массы птицы на 6,3 %, эффективность сохранения поголовья достигла 100,0 %. Благодаря этому удалось снизить затраты кормов на 6,5 % на каждый килограмм прироста живой массы петушков (Власов А.Б. и др., 2023).

В ходе эксперимента было проведено сравнительное изучение эффективности применения фитобиотика «Провитол» на продуктивность цыплят и кур-несушек трёх кроссов – «Родонит-3», «Хайсекс-Браун» и «Браун Ник». Исследуемый фитобиотик «Провитол» оказал положительное влияние на изменение живой массы. В течение 60 дней эксперимента живая масса увеличилась на 5,3-8,9 %. Статистические данные показали, что сохранность была самой высокой при добавлении фитобиотика – 94,0-98,0 %. Цыплята, потребляющие «Провитол» в количестве 1 кг/т корма, показали снижение затрат на 1 кг прироста на 2,3 %. В период сентябрь-октябрь была проведена вторая серия экспериментов. Яйценоскость составила 74-78 %. Результаты опыта указывают на улучшение показателей роста, развития и яйценоскости при применении данной добавки в кормление птицы. Это свидетельствует о высокой эффективности «Провитола» как биологически активной добавки для птицеводства (Нуралиев Е.Р. и Кочиш И.И., 2017).

Для определения влияния различных дозировок экстракта тикового листа на качество яиц было проведено исследование на курах-несушках породы Isa Brown в возрасте 30 недель. Куры, которым давали рацион с добавлением экстракта тикового листа на уровне 1,2 % и 1,6 %, имели большую массу яиц. Также было замечено, что добавление экстракта способствовало увеличению массы яичного белка с 35,1 до 37,7 г/яйцо. Масса желтка несушек колебалась от 15,9 до 16,4 г/яйцо, в то время как процентное содержание желтка варьировало от 26,3 до 27,5 %. Использование тикового листа оказало значительное влияние на единицу Хау ($p < 0,01$), приводя к увеличению показателя параллельно с повышением дозы экстракта. Максимальное значение единицы Хау составило 87,53 и было достигнуто при обработке экстрактом тикового листа в объёме 1,6 %. Исходя из представленных результатов, можно сделать вывод, что применение экстракта тикового листа в концентрациях 1,2 % и 1,6 % способно повысить качество яиц кур-несушек, включая их массу, массу белка, желтка и единицу Хау (Edi DN et al., 2018).

Сальмонеллёз – одно из наиболее тяжёлых зоонозных заболеваний, передающихся человеку через продукты животного происхождения (особенно мясо птицы и яйца). В данном исследовании на курах-несушках было проведено тестирование фитобиотика «Интебио» в качестве альтернативы противомикробным препаратам для борьбы с сальмонеллой. Результаты показали, что приём фитобиотика положительно влиял на состояние желудочно-кишечного микробиома, уровень метаболизма и продуктивность птицы, в то время как заражение сальмонеллой имело отрицательный эффект. Изменения в генной экспрессии наблюдались как через один, так и через семь дней

после инокуляции, что указывает на сходство с тканеспецифичной экспрессией у млекопитающих/человека (Laptev GY et al., 2021).

В исследовании Rabelo-Ruiz с коллегами (2021) было изучено воздействие экстракта на основе соединений чеснока и лука в рационе кур-несушек в дозировке 150 мг/кг корма в начале их продуктивной жизни (с 16 по 20 недели) на микробиоту кишечника и продуктивные качества птицы. В результате эксперимента было отмечено значительное увеличение количества снесённых яиц на 10,6 % и их размера на 2,0 % за один месяц. Это увеличение производства сопровождалось изменениями микробиоты в подвздошной и слепой кишке, выявленными с помощью высокопроизводительного секвенирования. В подвздошной кишке наблюдались изменения в составе редких микроорганизмов, в то время как в слепой кишке лечение затронуло как основные, так и второстепенные группы бактерий. Эти изменения в микробиоте свидетельствуют об улучшении усвояемости корма. Относительное содержание лактококка в подвздошной кишке и лактобацилл в слепой кишке значительно увеличилось в опытной группе, что обычно оказывает положительное воздействие на хозяев. Полученные результаты обещают хорошие перспективы использования этих соединений у домашней птицы в коротком временном периоде.

В ходе исследования было изучено гепатопротекторное действие фитобиотика «ГербаСтор» на организм кур-несушек в период их продуктивности. Было установлено, что дополнительное введение препарата «ГербаСтор» в основной рацион кур в дозах 0,5, 0,7 и 1,0 г/кг комбикорма в течение 60 дней, с перерывом в 30 дней не оказывает негативного влияния на их клиническое состояние. Кроме того, препарат нормализует морфологический состав крови, активизирует обмен белков, углеводов и липидов, а также снижает активность ферментов переаминирования. Оптимальный эффект достигается при использовании дозы 0,7 г/кг корма. На основании результатов исследования рекомендуется использовать фитобиотик «ГербаСтор» для профилактики гепатозов у кур-несушек (Берлинский Ю.Р. и Мерзленко Р.А., 2023).

Актуальным являются внедрение экономически оправданных биологически активных веществ в ветеринарную практику и поиск соответствующих биохимических тестов для диагностики латентно протекающих заболеваний у кур. В работе было проведено биохимическое исследование крови для анализа эффективности использования растительных композиций в лечении белковой дистрофии печени у кур-несушек гибрида Ломанн Браун. Введение в рацион кур травяных сборов способствовало улучшению белкового и минерального обменов: замечено снижение общего белка на 10,9-24,7 % и фосфора – на 26,6-33,9 % при одновременном повышении уровня альбумина и кальция. А также снижение уровня триглицеридов, холестерина и каталитической активности ферментов. Биохимическое исследование сыворотки крови позволило подтвердить диагноз и использовать биохимические тесты для диагностики дистрофии печени у кур. Также была показана эффективность применения фитокомпозиций в терапии субклинических форм гепатозов у кур-несушек на птицефабрике (Ермашкевич Е.И. и Клетикова Л.В., 2016).

Работа Вертипрахова В.Г. с соавторами (2020) представляет собой результаты исследований, которые показывают влияние фитобиотика на продуктивность, усвояемость питательных веществ и биохимические показатели крови у мясных кур. Состав фитобиотика включал следующие компоненты в объёме: смесь натуральных эфирных масел (эвкалипт, чеснок, лимон и чабрец) от 0,64 % до 1,60 %, лимонную кислоту – от 0,4 % до 1,0 % и наполнитель, который представлен отрубями пшеничными или шротом подсолнечным 100 %. Исследователи установили, что при использовании фитобиотика в рационах мясных кур эффективность усвоения азота корма повышалась на 1,21-1,80 %, усвоение протеина – на 1,27-1,67 %. Наблюдалось повышение доступности лизина и метионина: на 0,96-1,94 % и 1,71-2,09 %, соответственно ($p < 0,01$). На 38,5 % снизилась активность трипсина в крови кур линии Б6 после добавления фитобиотика в рацион. Уровень щелочной фосфатазы снижался на 13,1-55,7 % ($p \leq 0,05$), в то время как общий белок увеличивался на 25,8-33,4 % ($p \leq 0,05$), а триглицериды – на 32,2-137,5 % ($p \leq 0,05$). В группе Б7 (быстрооперирующаяся) при добавлении в рацион фитобиотика произошло достоверное увеличение количества эритроцитов на 15,0 % и содержание гемоглобина – на 12,9 %.

Отражены результаты изучения влияния фитогенной кормовой добавки на продуктивные качества кур-несушек кросса Хайсекс Браун. При вводе в рацион несушек растительной добавки в первый месяц яйцекладки отмечалось увеличение интенсивности яйцекладки на 6,1 %, количества яиц на среднюю несушку – на 5,6 %, массы яиц – на 1,2 % и снижение затрат корма на одну среднюю несушку – на 6,7 % (Данилова А.А. и др., 2021).

Исследование, проведённое Ashour EA и его коллегами (2020), было направлено на изучение влияния пищевых добавок с различным содержанием порошкообразной травяной смеси на биохимический статус, показатели роста, характеристики тушки и качество мяса бройлеров. Травяная смесь состояла из 300 г стручкового перца однолетнего, 300 г тимьяна обыкновенного, 300 г шалфея розмаринового, 150 г пимпинеллы аnisовой, 150 г мяты перечной, 300 г лука и 300 г чеснока. Наибольшие значения живой массы и её прироста наблюдались в возрасте 3 и 5 недель в группе цыплят, которая получала 5,0 г/кг рациона травяной смеси. В данной группе в возрасте 3 недель показатели были выше на 6,9 % и 0,8 %, а в возрасте 5 недель – на 3,8 % и 2,0 % соответственно. Общий белок, глобулины, ферменты печени и почек, мочевины и креатинина были снижены в группах, которые получали различные уровни травяной смеси. Наибольшее снижение общего белка на 5,6 %, мочевины на 25,4 % и креатинина на 22,2 % наблюдалось в группе, где дозировка составляла 6,0 г/кг. При дозировке 5,0 и 6,0 г/кг глобулины снизились на 11,8 % и 14,2 %, АЛТ – 7,7 % и 9,3 %, а также АСТ – на 5,8 % и 6,6 %. Группы, которые получали травяную смесь, показали улучшение качества сохраняемого мяса и антиоксидантных показателей. Таким образом, травяные добавки могут быть использованы в качестве натурального дополнения к рациону бройлеров для ускорения их роста, улучшения показателей крови и качества мяса. Кроме того, уровень окисления в мясе обработанных цыплят был ниже в течение периода хранения.

Исследования показали, что препарат на растительной основе «Лив 52 Вет» эффективен. Его состав включает оксид железа, каперс колючий, тамариск галльский, паслён чёрный, тысячелистник обыкновенный, кассию западную, терминалию анжуру. Активные ингредиенты обрабатывались паром экстракта семян таких растений, как дымянка лекарственная, эклипта белая, терминалия хебула, филантус нирури, эмбелия смородиновая, берхавия раскидистая, свинчатка цейлонская, эмблика раскидистая, редька посевная, тиноспория сердцелистная. Исследования, проведённые на итальянских белых гусях, которым давали «Лив 52 Вет» с комбикормом, показали увеличение показателей иммунного статуса и красной крови в середине периода яйценоскости. Гуси, получавшие фитобиотик, показали следующие результаты: рост пика яйценоскости – на 3,3 %, увеличение интенсивности яйценоскости – на 1,2 % и числа яиц – на 5,1 % за период яйценоскости (Bortoluzzi C et al., 2016).

Г.С. Азаубаева и её коллеги (2014) провели исследование, в котором они изучали влияние кормовой добавки «Лив 52 Вет» на иммунный статус гусей родительского стада. Кормовую добавку «Лив 52 Вет» вводили в следующих дозах: 150 г/т; 200 г/т; и 250 г/т. В ходе исследования было обнаружено, что иммунный статус птицы активизировался при употреблении добавки «Лив 52 Вет» в составе комбикорма. Гуси, потреблявшие 200 г/т кормовой добавки, в большей степени сохраняли уровень естественной резистентности, что подтверждается и тем, что в этой группе сохранность птицы была на 97,3 % выше, чем в других группах. К середине периода яйценоскости у гусынь без добавки наблюдалось снижение фагоцитарной активности на 2,3 %, с добавкой выявлено увеличение данного показателя: 150 г/т – на 0,7 %, 200 г/т – на 5,0 % и 250 г/т – на 4,3 % по сравнению с началом яйценоскости. При использовании дозировок 200 г/т и 250 г/т фагоцитарная активность значительно превышала значения группы без добавки на 7,0 % и 7,3 % соответственно.

Данные исследований Завьяловой В.Г. и соавторов (2022) показывают, что во время роста индюшат использование экстракта элеутерококка в рационе в дозе 0,4 мл на голову в течение 40 дней приводит к увеличению живой массы на 4,4 %, количества съедобных частей – на 8,1 % и субпродуктов – на 4,9 %. Аналогичная тенденция наблюдалась и в отношении убойного выхода: максимальный процент составил 69,1 % для полупотрошённой тушки и 64,9 % – для потрошённой тушки. Мясо индеек, получавших экстракт, характеризовалось наименьшим содержанием влаги на

2,5 %, массовая доля белка в мясе птицы увеличилась на 2,4 %. Стоит отметить, что содержание жира повышалось с увеличением доли препарата, а содержание золы – с увеличением срока скормливания, вероятно, это связано с воздействием препарата на обмен веществ птицы. Мясо и бульон, полученные от птицы, которой был добавлен экстракт элеутерококка, были оценены выше в ходе дегустации.

Использование фитобиотиков в разведении перепелов представляет собой перспективное направление, которое может быть эффективным инструментом для увеличения прибыльности данного вида животноводства.

В исследовании Селиной Т.В. с коллегами (2021) описаны результаты выращивания перепёлок-несушек породы Фараон на рационе с добавлением в комбикорм 1% кормовой добавки из сосновой хвои. Скармливание добавки из хвои сосны не влияло на здоровье птицы и не оказывало отрицательного воздействия на их выживаемость при 100 % сохранности. За период выращивания живая масса перепёлок-несушек увеличилась на 3,2 %, средняя масса яиц – на 0,15 %, яйценоскость – на 5,32 штук, а интенсивность яйценоскости выросла на 9,5 %. Валовое производство яиц увеличилось на 404 шт. или на 15,6 %. Также стоит отметить, что затраты корма на производство 10 яиц сократились на 0,1 кг, что составило 13,2 %. Из статистических данных следует, что использование добавки привело к значительному увеличению производства яичной массы на 5,6 кг, что обусловило прирост в 15,8 %. В то же время затраты корма на производство 1 кг яичной массы оказались меньше на 0,8 кг или на 13,6 %. После 14-дневного периода кормления птицы добавкой удалось увеличить концентрацию каротиноидов в желтке в 2,3 раза. Общая оценка вкусовых качеств перепелиных яиц возросла и составила 4,93 балла для белка и 4,10 балла – для желтка. Стоимость комбикорма, потреблённого птицей во время выращивания, была выше на 299,1 рублей или на 6,8 %. В группе, которой скармливалась добавка, смогли продать больше инкубационных яиц на 4040 рублей или на 15,7 %. В итоге, учитывая все затраты, прибыль составила на 3750 рублей больше, а рентабельность производства была выше на 9,7 %. Исходя из вышеизложенного, применение в рационах перепелов натуральной хвойной кормовой добавки способствует повышению яйценоскости, накоплению в яйце каротиноидов, а также увеличению плодовитости птицы и экономической эффективности.

Добавление в рацион перепелов породы Фараон кормовой добавки «Сангровит», содержащей алкалоиды, экстрагированные из маклеи, сока и пасты люцерны, способствовало увеличению темпов роста и улучшению сохранности птиц. (Wang XF et al., 2014).

Использование в кормлении молодых перепелов активной угольной кормовой добавки, состоящей из древесного угля с включением хвойного экстракта, в качестве фитобиотика привело во время всего опыта (42 дня) к увеличению живой массы на 6,9 %. Показатель валового и среднесуточного приростов живой массы увеличился на 7,3 % и 7,20 %, сохранность перепелиного стада выросла на 2,5 %, затраты корма на единицу продукции удалось снизить на 6,5 % (Данилова А.А. и др., 2022).

В ходе эксперимента по добавлению в рационы перепелов комплексной растительной добавки в объёме 1,0 % от общей массы корма было выявлено значительное увеличение живой массы на 0,2 %. Использование фитобиотической добавки в течение всего периода опыта привело к уменьшению среднесуточного потребления корма на 11,9 % (в объёме 1,0 %) и на 14,6 % (в объёме 2,0 %). При этом расходы на корм для набора 1 кг веса уменьшились на 17,2 % и 24,1 % соответственно. В группе, которая получала комплексную растительную добавку в дозировке 2,0 %, отмечалось увеличение массы мышечного желудка на 26,8 % с содержимым и на 36,8 % – без него, что было достоверно подтверждено при $p \leq 0,05$ и $p \leq 0,01$ соответственно. В группе, которой скармливали 1,0 % добавки от общей массы корма, наблюдалось значительное уменьшение содержания внутреннего жира на 50,0 %. Добавление добавки в рационы мясных перепелов в объёме 1,0 % и 2,0 % привело к повышению уровня мышечного белка на 4,6 % и 2,9 % и к увеличению уровня рентабельности на 4,7 % и 7,1 %, соответственно (Власов А.Б. и др., 2023).

Заключение.

Сводя воедино результаты множества исследований, можно сделать вывод, что использование фитобиотических добавок в птицеводстве продолжает оставаться актуальной задачей. Анализ экспериментальных данных показал целесообразность замены кормовых антибиотиков на натуральные, экологически безопасные препараты. Фитогенные кормовые добавки, вводимые в рационы сельскохозяйственных птиц, способствуют улучшению пищеварения, повышению производительности стада и общей сопротивляемости организма, а также улучшению усвоения питательных компонентов корма, что, в свою очередь, повышает прирост живой массы, улучшает качество мяса и яиц, снижает заболеваемость и смертность птиц. В результате используемая продукция становится более конкурентоспособной на рынке, что влияет на экономический результат производства.

Список источников

1. Азаубаева Г.С., Суханова С.Ф., Баскаев В.К. Иммунный статус гусынь родительского стада при использовании кормовой добавки «Лив 52 Вет» // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2014. № 7(117). С.110-114. [Azaubayeva GS, Sukhanova SF, Baskayev VK. Immune status of parent flock geese when using Liv 52 Vet feed supplement. Bulletin of Altai State Agricultural University. 2014;7(117):110-114. (In Russ.)].
2. Андреева Н.В., Олива Т.В., Явников Н.В. Влияние фитобиотика расторопши на продуктивные качества цыплят-бройлеров // Актуальные вопросы сельскохозяйственной биологии. 2020. № 4(18). С. 52-63. [Andreeva NV, Oliva TV, Yavnikov NV. The impact of phytobiotic of holy thistle on broiler's productive qualities. Actual Issues in Agricultural Biology. 2020;4(18):52-63. (In Russ.)].
3. Берлинский Ю.Р., Мерзленко Р.А. Применение добавки биологически активной «Гербастор» для профилактики гепатозов у кур-несушек // Сборник научных трудов Краснодарского научного центра по зоотехнии и ветеринарии. 2023. Т. 12. № 1. С. 303-308. [Berlinskij YuR, Merzlenko RA. "Herbastor" biologically active supplements used for hepatosis prevention in laying chickens. Collection of Scientific Papers of KRCANVM. 2023;12(1):303-308. (In Russ.)]. doi: 10.48612/sbornik-2023-1-72
4. Влияние фитобиотиков на организм цыплят-бройлеров / В.В. Мусиенко, Л.В. Резниченко, А.В. Косов, Е.Н. Рябцева // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. 2020. Т. 244. № 4. С. 129-133. [Musienko VV, Reznichenko LV, Kosov AV, Ryabtseva EN. Effect of phytobiotics on the body of broiler chickens. Scientific Notes Kazan Bauman State Academy of Veterinary Medicine. 2020;244(4):129-133. (In Russ.)]. doi: 10.31588/2413-4201-1883-244-4-129-133
5. Даниленко И.Ю., Николаев С.И., Корнилова Е.В. Влияние антистрессовой добавки на гематологические и биохимические показатели крови сельскохозяйственной птицы // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2022. № 3(209). С. 59-62. [Danilenko IYu, Nikolaev SI, Kornilova EV. Influence of anti-stress supplement on poultry blood hematological and biochemical indices. Bulletin of Altai State Agricultural University. 2022;3(209):59-62. (In Russ.)]. doi: 10.53083/1996-4277-2022-209-3-59-62
6. Дускаев Г.К., Кван О.В., Сизенцов Я.А. Использование фитобиотиков в кормлении цыплят-бройлеров (обзор) // Животноводство и кормопроизводство. 2023. Т. 106. № 1. С. 167-182. [Duskaev GK, Kvan OV, Sizentsov YaA. The use of phytobiotics in feeding broilers (review). Animal Husbandry and Fodder Production. 2023;106(1):167-182. (In Russ.)]. doi: 10.33284/2658-3135-106-1-167
7. Дускаев Г.К., Климова Т.А. Фитохимические вещества в кормлении сельскохозяйственной птицы: перспективы использования (обзор) // Животноводство и кормопроизводство. 2022. Т. 105. № 3. С. 137-152. [Duskaev GK, Klimova TA. Phytochemicals in poultry nutrition: prospects for use (review). Animal Husbandry and Fodder Production. 2022;105(3):137-152. (In Russ.)]. doi: 10.33284/2658-3135-105-3-137

8. Ермашкевич Е.И., Клетикова Л.В. Оценка эффективности фитокомпозиций при белковой дистрофии печени у кур путём биохимического исследования крови // Вестник Орловского государственного аграрного университета. 2016. № 6(63). С. 112-117. [Ermashkevich EI, Kletikova LV. Evaluation of fitokompozitions in chickens with protein liver disease by biochemical blood tests. Vestnik OrelGAU. 2016;6(63):112-117. (In Russ.)]. doi: 10.15217/48484
9. Завьялова В.Г., Гаглюева Т.Н., Дубовицкий Е.И. Влияние добавки экстракта элеутерококка на мясную продуктивность молодняк индеек // Наука и образование. 2022. Т. 5. № 3. С. 102. [Zavyalova VG, Gagloeva TN, Dubovitsky EI. The effect of the addition of eleutherococcus extract on the meat productivity of young turkeys. Nauka i obrazovanie. 2022;5(3):102. (In Russ.)].
10. Использование фитобиотика и пробиотика в комбикормах для мясных кур селекции СГЦ «Смена» / В.Г. Вертипрахов, И.А. Егоров, Т.Н. Ленкова, В.А. Манукян, Т.А. Егорова, А.А. Грозина // Ветеринария и кормление. 2020. № 6. С. 7-12. [Vertiprakhov VG, Egorov IA, Lenkova TN, Manukyan VA, Egorova TA, Grozina AA. The effectiveness of a phytobiotic and a probiotic in diets for broiler preparental lines selected by the Center for Genetics & Selection "Smena". Veterinariya i kormlenie. 2020;6:7-12. (In Russ.)]. doi: 10.30917/АТТ-VK-1814-9588-2020-6-2
11. Использование хвойной кормовой добавки в кормлении перепелок-несушек / Т.В. Селина, О.А. Ядрищенская, С.А. Шпынова, Е.А. Басова // Перспективные технологии в аграрном производстве: человек, «цифра», окружающая среда (AgroProd 2021): материалы междунар. науч.-практ. конф., (г. Омск, 28 июля 2021 г.). Омск: ФГБОУ ВО Омский ГАУ. 2021. С. 364-368. [Selina TV, Yadrishhenskaya OA, Shpynova SA, Basova EA. Use of coniferous fodder additive in feeding of steering quails (Conference proceedings) Perspektivny'e tehnologii v agrarnom proizvodstve: chelovek, "cifra", okruzhayushhaya sreda (AgroProd 2021): materialy mezhdunar. nauch.-prakt. konf., (g. Omsk, 28 iul'ya 2021 g.). Omsk: FGBOU VO Omskij GAU; 2021:364-368. (In Russ.)].
12. Комплексная фитобиотическая кормовая добавка в рационах для перепелов, выращиваемых на мясо / А.Б. Власов, А.А. Данилова, Д.А. Юрин, Н.Д. Лабутина, А.А. Свистунов // Вестник КРАСГАУ. 2023. № 9(198). С. 111-117. [Vlasov AB, Danilova AA, Yurin DA, Labutina ND, Svistunov AA. Complex phytobiotic feed additive in diets for quail grown for meat. Bulletin of KSAU. 2023;9(198):111-117. (In Russ.)]. doi: 10.36718/1819-4036-2023-9-111-117
13. Конакова И.А., Медетханов Ф.А., Афанасьева Л.В. Химический состав лекарственных растений и их применение в ветеринарии // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. 2022. Т. 250. № 2. С. 98-103. [Konakova IA, Medetkhanov FA, Afanasieva LV. Chemical composition of medicinal plants and their application in veteranria. Scientific Notes Kazan Bauman State Academy of Veterinary Medicine. 2022;250(2):98-103. (In Russ.)]. doi: 10.31588/2413_4201_1883_2_250_98
14. Кормовая добавка с фитогенными свойствами в птицеводстве / А.А. Данилова, В.А. Овсепьян, Н.А. Юрина, Д.В. Осепчук, В.П. Короткий, В.А. Рыжов // Сборник научных трудов Краснодарского научного центра по зоотехнии и ветеринарии. 2021. Т. 10 № 2. С. 10-13. [Danilova AA, Ovsepyan VA, Yurina NA, Osepchuk DV, Korotky VP, Ryzhov VA. Feed additive with phytogetic properties in poultry. Collection of Scientific Papers of KRCAHVM. 2021;10(2):10-13. (In Russ.)]. doi: 10.48612/sbornik-2021-2-2
15. Котарев В.И., Денисенко Л.И. Результаты исследований крови молодняк кур яичного кросса в предкладковый период при добавлении в рацион кормовой добавки «Профорт» // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 3(63). С. 139-144. [Kotar-ev VI, Denisenko LI. Results of the blood studies of young egg cross hens during the pre-laying period when Profort feed supplement is added to their ration. Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy. 2023;3(63):139-144. (In Russ.)]. doi: 10.18286/1816-4501-2023-3-139-144
16. Краснобаев Ю.В. Астравит - поддержка иммунитета в критические периоды // Птицеводство. 2020. № 4. С. 21-24. [Krasnobaev YuV. Astravit®: the support for the immunity in critical periods. Ptitsevodstvo. 2020;4:21-24. (In Russ.)]. doi: 10.33845/0033-3239-2020-69-4-21-24

17. Медетханов Ф.А., Гилемханов М.И., Муравьева К.В. Влияние фитобиотика Ксенивет на росто-весовые показатели цыплят-бройлеров мясного кросса // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. 2021. Т. 245. № 1. С. 98-100. [Medetkhanov FA, Gilemkanov MI, Muravyeva KV. Impact fitobiotika Xenivet on growth and weight of broiler chicken meat cross. Scientific Notes Kazan Bauman State Academy of Veterinary Medicine. 2021;245(1):98-100. (In Russ.)]. doi: 10.31588/2413-4201-1883-245-1-98-101
18. Нуралиев Е.Р., Кочиш И.И. Применение фитобиотика «Провитол» для улучшения конверсии корма в промышленном птицеводстве // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2017. № 8(154). С. 112-117. [Nuraliyev ER, Kochish II. Application of Provitol phyto-biotic to improve feed conversion in commercial poultry farming. Bulletin of Altai State Agricultural University. 2017;8(154):112-117. (In Russ.)].
19. Петруша Ю.К., Лебедев С.В., Гречкина В.В. Фитобиотики в кормлении сельскохозяйственной птицы (обзор) // Животноводство и кормопроизводство. 2022. Т. 105. № 1. С. 103-118. [Petrusha YK, Lebedev SV, Grechkina VV. Phytobiotics in poultry feeding (review). Animal Husbandry and Fodder Production. 2022;105(1):103-118. (In Russ.)]. doi: 10.33284/2658-3135-105-1-103
20. Применение кормовой добавки из отходов лесоперерабатывающей промышленности в птицеводстве / А.А. Данилова, Д.В. Оsepчук, Д.А. Юрин, А.Б. Власов, В.А. Овsepьян // Вестник КрасГАУ. 2022. № 7(184). С. 186-191. [Danilova AA, Osepchuk DV, Yurin DA, Vlasov AB, Ovsepyan VA. Feed additive from forest processing industry waste application in poultry farming. Bulletin of KSAU. 2022;7(184):186-191. (In Russ.)]. doi: 10.36718/1819-4036-2022-7-186-191
21. Стрельникова И.И., Кислицына Н.А. Эффективность применения фитобиотиков в птицеводстве // Вестник Марийского государственного университета. Серия: «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки». 2020. Т. 6. № 4(24). С. 433-445. [Strelnikova II, Kislitsyna NA. Effectiveness of phytobiotics in poultry farming. Vestnik of the Mari State University. Chapter "Agriculture. Economics". 2020;6(4-24):433-445. (In Russ.)]. doi: 10.30914/2411-9687-2020-6-4-433-444
22. Суфьянова Л.М., Смоленцев С.Ю., Кабанова Т.В. Анализ применения фитобиотиков для повышения продуктивности сельскохозяйственных животных // Вестник Марийского государственного университета. Серия: «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки». 2021. Т. 7. № 4(28). С. 390-399. [Sufyanova L M, Smolentsev SYu, Kabanova TV. Analysis of the use of phytobiotics to increase the productivity of farm animals. Vestnik of the Mari State University. Chapter "Agriculture. Economics". 2021;7(4-28):390-399. (In Russ.)]. doi: 10.30914/2411-9687-2021-7-4-390-399
23. Тимофеев Н.П. Фитобиотики в мировой практике: виды растений и действующие вещества, эффективность и ограничения, перспективы (обзор) // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2021. Т. 22. № 6. С. 804-825. [Timofeev NP. Phytobiotics in world practice: plant species and active substances, efficiency and limitations, perspectives (review). Agricultural Science Euro-North-East. 2021;22(6):804-825. (In Russ.)]. doi: 10.30766/2072-9081.2021.22.6.804-825
24. Фитобиотики в кормлении сельскохозяйственных животных / О.А. Багно, О.Н. Прохоров, С.А. Шевченко, А.И. Шевченко, Т.В. Дядичкина // Сельскохозяйственная биология. 2018. Т. 53. № 4. С. 687-697. [Bagno OA, Prokhorov ON, Shevchenko SA, Shevchenko AI, Dyadichkina TV. Use of phytobiotics in farm animal feeding (review). Sel'skokhozyaistvennaya Biologiya [Agricultural Biology]. 2018;53(4):687-697. (In Russ.)]. doi: 10.15389/agrobiology.2018.4.687rus doi: 10.15389/agrobiology.2018.4.687eng
25. Хвойная кормовая добавка в птицеводстве / А.Б. Власов, А.А. Данилова, Д.А. Юрин, А.А. Свистунов, И.Р. Тлецерук, В.П. Короткий / Сборник научных трудов Краснодарского научно-го центра по зоотехнии и ветеринарии. 2023. Т. 12. № 1. С. 59-63. [Vlasov AB, Danilova AA, Yurin DA, Svistunov AA, Tletseruk IR, Korotkiy VP. Coniferous feed supplement in poultry farming. Collection of Scientific Papers of KRCAHVM. 2023;12(1):59-63. (In Russ.)]. doi: 10.48612/sbornik-2023-1-14
26. Царук Л.Л. Использование фитобиотика при выращивании цыплят-бройлеров // Актуальные вопросы переработки мясного и молочного сырья. 2019. № 13. С. 174-180. [Tsaruk L. The

usage of phytobiotics for broiler chickens breeding. Topical Issues of Processing of Meat and Milk Raw Materials. 2019;13:174-180. (*In Russ.*).

27. Шацких Е.В., Латыпова Е.Н. Показатели крови и продуктивность кур при использовании в рационе фитобиотических препаратов // Аграрный вестник Урала. 2023. № 8(237). С.78-88. [Shackih EV, Latypova EN. Blood parameters and productivity of chickens when using phytobiotic preparations in the diet. Agrarian Bulletin of the Urals. 2023;8(237):78-88. (*In Russ.*)]. doi: 10.32417/1997-4868-2023-237-08-78-88

28. Эффективность применения фитобиотиков в птицеводстве (обзор) / В.С. Буяров, И.В. Червонова, В.В. Меднова, И.Н. Ильичева // Вестник аграрной науки. 2020. № 3(84). С. 44-59. [Buyarov VS, Chervonova IV, Mednova VV, Ilyicheva IN. Efficiency of application of phytobiotics in poultry farming (review). Bulletin of Agrarian Science. 2020;3(84):44-59. (*In Russ.*)]. doi: 10.17238/issn2587-666X.2020.3.44

29. Agayeva EM, Jamsid Ibadullayeva S, Gasimov R, Narimanov V, Movsumova N. Immunostimulatory Properties of plant extracts in the immunoprophylaxis of avian infectious bronchitis. J Curr Microbiol App Sci. 2022;11(5):225-229. doi: 10.20546/ijemas.2022.1105.026

30. Ahmadipour B, Khajali F. Expression of antioxidant genes in broiler chickens fed nettle (*Urtica dioica*) and its link with pulmonary hypertension. Animal Nutrition. 2019;5(3):264-269. doi: 10.1016/j.aninu.2019.04.004

31. Akhtar A, Ponnampalam EN, Pushpakumara G, et al. Cinnamon: a natural feed additive for poultry health and production: a review. Animals. 2021;11(7):2026. doi: 10.3390/ani11072026

32. Ashour EA, Abd El-Hack M, Swelum AA, Osman AO, Taha AE, Alhimaidi AR, Ismail IE. Does the dietary graded levels of herbal mixture powder impact growth, carcass traits, blood indices and meat quality of the broilers? Italian Journal of Animal Science. 2020;19(1):1228-1237. doi: 10.1080/1828051X.2020.1825998

33. Bagno OA, Shevchenko SA, Zhuchayev KV, Shevchenko AI, Izhmulkina EA, Prokhorov ON, Kishnyaikina EA, Smolovskaya OV. Biochemical parameters of the blood of the broiler chickens that received various dosages of thyme extract in the diet. Annals of Agri-Bio Research. 2019;24(2):303-308.

34. Basit MA, Kadir AA, Loh TC, Abdul Aziz S, Salleh A, Zakaria ZA, Banke Idris S. Comparative efficacy of selected phytobiotics with halquinol and tetracycline on gut morphology, ileal digestibility, cecal microbiota composition and growth performance in broiler chickens. Animals. 2020;10(11):2150. doi: 10.3390/ani10112150

35. Bortoluzzi C, Schmidt JM, Bordignon HLF, Fülber LM, Layter JR, Fernandes JIM. Efficacy of yeast derived gluco-mannan or algae-based antioxidant or both as feed additives to ameliorate mycotoxicosis in heat stressed and unstressed broiler chickens. Livestock Science. 2016;193:20-25. doi: 10.1016/j.livsci.2016.09.005

36. Drannikov AV, Derkanosova AA, Korotaeva AA, Orinicheva AA, Iskusnykh AY, Litvinov EV. Phytobiotics as an alternative to antibiotics in feeding farm birds. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2021;640:032061. doi: 10.1088/1755-1315/640/3/032061

37. Edi DN, Natsir MH, Djunaidi IH. The effect of dietary teak leaf extract (*Tectona grandis* Linn. f) on egg quality of laying hens. Scholars Journal of Agriculture and Veterinary Sciences (SJA VS). 2018;5(9):490-497. doi: 10.21276/sjavs.2018.5.9.3

38. El-Hack A, Alagawany M, Abdel-Moneim AME, Mohammed NG, Khafaga AF, Bin-Jumah M, Elnesr SS. Cinnamon (*Cinnamomum zeylanicum*) oil as a potential alternative to antibiotics in poultry. Antibiotics. 2020;9(5):210. doi: 10.3390/antibiotics9050210

39. Franciosini MP, Casagrande-Proietti P, Forte C, Beghelli D, Acuti G, Zanichelli D, Trabalza-Marinucci M. Effects of oregano (*Origanum vulgare* L.) and rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) aqueous extracts on broiler performance, immune function and intestinal microbial population. Journal of Applied Animal Research. 2016;44(1):474-479. doi: 10.1080/09712119.2015.1091322

40. Gjorgovska N, Grigorova S, Levkov V. Application of rose hip fruits as feed supplement in animal nutrition. *Journal of Agriculture Food and Development*. 2021;7:12-15. doi: 10.30635/2415-0142.2021.07.03
41. Grigorova S, Gjorgovska N, Levkov V. Effects of rosehip feed supplementation on egg quality parameters, yolk lipid oxidation, and blood parameters of laying hens. *Iranian Journal of Applied Animal Science*. 2021;11(4):827-833.
42. Hatice KA, Adem YA, Esenbuğa N, Macit M. The effect of rosehip seed supplementation into laying hens diets on performance, egg quality traits, yolk lipid profile and serum parameters. *Alinteri Journal of Agriculture Science*. 2019;34(1):84-87. doi: 10.28955/alinterizbd.578536
43. Igual M, Chiş MS, Păucean A, et al. Valorization of rose hip (*Rosa canina*) puree co-product in enriched corn extrudates. *Foods*. 2021;10(11):2787. doi: 10.3390/foods10112787
44. Jachimowicz K, Winiarska-Mieczan A, Tomaszewska E. The impact of herbal additives for poultry feed on the fatty acid profile of meat. *Animals*. 2022;12(9):1054. doi: 10.3390/ani12091054
45. Kikusato M. Phytobiotics to improve health and production of broiler chickens: functions beyond the antioxidant activity. *Animal Bioscience*. 2021;34(3):345-353. doi: 10.5713/ab.20.0842
46. Krauze M, Abramowicz K, Ognik K. The effect of addition of probiotic bacteria (*Bacillus subtilis* or *Enterococcus faecium*) or phytobiotic containing cinnamon oil to drinking water on the health and performance of broiler chickens. *Ann Anim Sci*. 2020;20(1):191-205. doi: 10.2478/aoas-2019-0059
47. Laptev GY, Yildirim EA, Ilina LA, Filippova VA, Kochish II, Gorfunkel EP, Romanov MN, et al. Effects of essential oils-based supplement and salmonella infection on gene expression, blood parameters, cecal microbiome, and egg production in laying hens. *Animals*. 2021;11(2):360. doi: 10.3390/ani11020360
48. Mohammadi Gheisar M, Kim IH. Phytobiotics in poultry and swine nutrition—a review. *Italian Journal of Animal Science*. 2018;17(1):92-99. doi: 10.1080/1828051X.2017.1350120
49. Moharreri M, Vakili R, Oskoueian E, Rajabzadeh G. Phytobiotic role of essential oil-loaded microcapsules in improving the health parameters in *Clostridium perfringens*-infected broiler chickens. *Italian Journal of Animal Science*. 2021;20(1):2075-2085. doi: 10.1080/1828051X.2021.1993093
50. Mohiti-Asli M, Ghanaatparast-Rashti M. Comparison of the effect of two phytochemical compounds on growth performance and immune response of broilers. *Journal of Applied Animal Research*. 2017;45(1):603-608. doi: 10.1080/09712119.2016.1243119
51. Nitievskaya KN. Research of the process of hydration of *Rosa majalis*. *Modern Sci Innov*. 2020;4(32):76-82. doi: 10.37493/2307-910X.2020.4.11
52. Rabelo-Ruiz M, Ariza-Romero JJ, Zurita-González MJ, Martín-Platero AM, Baños A, Maqueda M, Peralta-Sánchez JM, et al. Allium-based phytobiotic enhances egg production in laying hens through microbial composition changes in ileum and cecum. *Animals*. 2021;11(2):448. doi: 10.3390/ani11020448
53. Rafiq K, Tofazzal Hossain M, Ahmed R, Hasan MM, Islam R, Hossen MI, Islam M R. Role of different growth enhancers as alternative to in-feed antibiotics in poultry industry. *Frontiers in Veterinary Science*. 2022;8:794588. doi: 10.3389/fvets.2021.794588
54. Shatskikh EV, Korolkova-Subbotkina DE, Galiev DM, Chepushtanova OV, Rogozinnikova IV. Technological effect of a phytobiotic supplement on the development of immune organs in the experimental poultry farming. *AIP Conference Proceedings*. 2022;2467(1):070066. doi: 10.1063/5.0095546
55. Wafaa A, Abd El-Ghany. Phytobiotics in poultry industry as growth promoters, antimicrobials and immunomodulators: a review. *J of World's Poult. Research*. 2020;10(4):571-579. doi: 10.36380/jwpr.2020.65
56. Wang XF, Liu GH, Cai HY, Chang WH, Ma JS, Zheng AJ, Zhang S. Attempts to increase inosinic acid in broiler meat by using feed additives. *Poultry Science*. 2014;93(11):2802-2808. doi: 10.3382/ps.2013-03815
57. Xianjing He, Dandan Hao, Chunhai Liu, Xu Zhang, Dandan Xu, Xiaonan Xu, Jianfa Wang, Rui Wu. Effect of supplemental oregano essential oils in diets on production performance and rela-

tively intestinal parameters of laying hens. American Journal of Molecular Biology. 2017;7(1):73-85. doi: 10.4236/ajmb.2017.71006

58. Zaikina AS, Buryakov NP, Buryakova MA, Zagarin AY, Razhev A.A, Aleshin DE. Impact of supplementing phytobiotics as a substitute for antibiotics in broiler chicken feed on growth performance, nutrient digestibility, and biochemical parameters. Veterinary Sciences. 2022;9(12):672. doi: 10.3390/vetsci9120672

References

1. Azaubayeva GS, Sukhanova SF, Baskayev VK. Immune status of parent flock geese when using Liv 52 Vet feed supplement. Bulletin of Altai State Agricultural University. 2014;7(117):110-114.
2. Andreeva NV, Oliva TV, Yavnikov NV. The impact of phytobiotic of holy thistle on broiler's productive qualities. Actual Issues in Agricultural Biology. 2020;4(18):52-63.
3. Berlinskij YuR, Merzlenko RA. "Herbastor" biologically active supplements used for hepatosis prevention in laying chickens. Collection of Scientific Papers of KRCAHVM. 2023;12(1):303-308. doi: 10.48612/sbornik-2023-1-72
4. Musienko VV, Reznichenko LV, Kosov AV, Ryabtseva EN. Effect of phytobiotics on the body of broiler chickens. Scientific Notes Kazan Bauman State Academy of Veterinary Medicine. 2020;244(4):129-133. doi: 10.31588/2413-4201-1883-244-4-129-133
5. Danilenko IYu, Nikolaev SI, Kornilova EV. Influence of anti-stress supplement on poultry blood hematological and biochemical indices. Bulletin of Altai State Agricultural University. 2022;3(209):59-62. doi: 10.53083/1996-4277-2022-209-3-59-62
6. Duskaev GK, Kvan OV, Sizentsov YaA. The use of phytobiotics in feeding broilers (review). Animal Husbandry and Fodder Production. 2023;106(1):167-182. doi: 10.33284/2658-3135-106-1-167
7. Duskaev GK, Klimova TA. Phytochemicals in poultry nutrition: prospects for use (review). Animal Husbandry and Fodder Production. 2022;105(3):137-152. doi: 10.33284/2658-3135-105-3-137
8. Ermashkevich EI, Kletikova LV. Evaluation of fitokompozitions in chickens with protein liver disease by biochemical blood tests. Vestnik OrelGAU. 2016;6(63):112-117. doi: 10.15217/48484
9. Zavyalova VG, Gagloeva TN, Dubovitsky EI. The effect of the addition of eleutherococcus extract on the meat productivity of young turkeys. Science and Education. 2022;5(3):102.
10. Vertiprakhov VG, Egorov IA, Lenkova TN, Manukyan VA, Egorova TA, Grozina AA. The effectiveness of a phytobiotic and a probiotic in diets for broiler preparental lines selected by the Center for Genetics & Selection "Smena". Veterinary and Nutrition. 2020;6:7-12. doi: 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2020-6-2
11. Selina TV, Yadrishenskaya OA, Shpynova SA, Basova EA. Use of coniferous fodder additive in feeding of steering quails (Conference proceedings) Advanced technologies in agricultural production: people, digital, environment (AgroProd 2021): materials of the international. scientific-practical conf., (Omsk, July 28, 2021). Omsk: Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Omsk State Agrarian University; 2021:364-368.
12. Vlasov AB, Danilova AA, Yurin DA, Labutina ND, Svistunov AA. Complex phytobiotic feed additive in diets for quail grown for meat. Bulletin of KSAU. 2023;9(198):111-117. doi: 10.36718/1819-4036-2023-9-111-117
13. Konakova IA, Medetkhanov FA, Afanasieva LV. Chemical composition of medicinal plants and their application in veterania. Scientific Notes Kazan Bauman State Academy of Veterinary Medicine. 2022;250(2):98-103. doi: 10.31588/2413_4201_1883_2_250_98
14. Danilova AA, Ovsepyan VA, Yurina NA, Osepchuk DV, Korotky VP, Ryzhov VA. Feed additive with phytogetic properties in poultry. Collection of Scientific Papers of KRCAHVM. 2021;10(2):10-13. doi: 10.48612/sbornik-2021-2-2
15. Kotarev VI, Denisenko LI. Results of the blood studies of young egg cross hens during the pre-laying period when Profort feed supplement is added to their ration. Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy. 2023;3(63):139-144. doi: 10.18286/1816-4501-2023-3-139-144

16. Krasnobaev YuV. Astravit®: the support for the immunity in critical periods. Poultry Farming. 2020;4:21-24. doi: 10.33845/0033-3239-2020-69-4-21-24
17. Medetkhanov FA, Gilemkhanov MI, Muravyeva KV. Impact of probiotics Xenivet on growth and weight of broiler chicken meat cross. Scientific Notes Kazan Bauman State Academy of Veterinary Medicine. 2021;245(1):98-100. doi: 10.31588/2413-4201-1883-245-1-98-101
18. Nuraliyev ER, Kochish II. Application of Provitol phytobiotic to improve feed conversion in commercial poultry farming. Bulletin of Altai State Agricultural University. 2017;8(154):112-117.
19. Petrusha YK, Lebedev SV, Grechkina VV. Phytobiotics in poultry feeding (review). Animal Husbandry and Fodder Production. 2022;105(1):103-118. doi: 10.33284/2658-3135-105-1-103
20. Danilova AA, Osepchuk DV, Yurin DA, Vlasov AB, Ovsepyan VA. Feed additive from forest processing industry waste application in poultry farming. Bulletin of KSAU. 2022;7(184):186-191. doi: 10.36718/1819-4036-2022-7-186-191
21. Strelnikova II, Kislitsyna NA. Effectiveness of phytobiotics in poultry farming. Vestnik of the Mari State University. Chapter "Agriculture. Economics". 2020;6(4-24):433-445. doi: 10.30914/2411-9687-2020-6-4-433-444
22. [Sufyanova L M, Smolentsev SYu, Kabanova TV. Analysis of the use of phytobiotics to increase the productivity of farm animals. Vestnik of the Mari State University. Chapter "Agriculture. Economics". 2021;7(4-28):390-399. doi: 10.30914/2411-9687-2021-7-4-390-399
23. Timofeev NP. Phytobiotics in world practice: plant species and active substances, efficiency and limitations, perspectives (review). Agricultural Science Euro-North-East. 2021;22(6):804-825. doi: 10.30766/2072-9081.2021.22.6.804-825
24. Bagno OA, Prokhorov ON, Shevchenko SA, Shevchenko AI, Dyadichkina TV. Use of phytobiotics in farm animal feeding (review). Sel'skokhozyaistvennaya Biologiya [Agricultural Biology]. 2018;53(4):687-697. doi: 10.15389/agrobiol.2018.4.687eng
25. Vlasov AB, Danilova AA, Yurin DA, Svistunov AA, Tletseruk IR, Korotkiy VP. Coniferous feed supplement in poultry farming. Collection of Scientific Papers of KRCAHVM. 2023;12(1):59-63. doi: 10.48612/sbornik-2023-1-14
26. Tsaruk L. The usage of phytobiotics for broiler chickens breeding. Topical Issues of Processing of Meat and Milk Raw Materials. 2019;13:174-180.
27. Shakhiev EV, Latypova EN. Blood parameters and productivity of chickens when using phytobiotic preparations in the diet. Agrarian Bulletin of the Urals. 2023;8(237):78-88. doi: 10.32417/1997-4868-2023-237-08-78-88
28. Buyarov VS, Chervonova IV, Mednova VV, Ilyicheva IN. Efficiency of application of phytobiotics in poultry farming (review). Bulletin of Agrarian Science. 2020;3(84):44-59. doi: 10.17238/issn2587-666X.2020.3.44
29. Agayeva EM, Jamsid Ibadullayeva S, Gasimov R, Narimanov V, Movsumova N. Immunostimulatory Properties of plant extracts in the immunoprophylaxis of avian infectious bronchitis. J Curr Microbiol App Sci. 2022;11(5):225-229. doi: 10.20546/ijcmas.2022.1105.026
30. Ahmadipour B, Khajali F. Expression of antioxidant genes in broiler chickens fed nettle (*Urtica dioica*) and its link with pulmonary hypertension. Animal Nutrition. 2019;5(3):264-269. doi: 10.1016/j.aninu.2019.04.004
31. Akhtar A, Ponnampalam EN, Pushpakumara G, et al. Cinnamon: a natural feed additive for poultry health and production: a review. Animals. 2021;11(7):2026. doi: 10.3390/ani11072026
32. Ashour EA, Abd El-Hack M, Swelum AA, Osman AO, Taha AE, Alhimaidi AR, Ismail IE. Does the dietary graded levels of herbal mixture powder impact growth, carcass traits, blood indices and meat quality of the broilers? Italian Journal of Animal Science. 2020;19(1):1228-1237. doi: 10.1080/1828051X.2020.1825998
33. Bagno OA, Shevchenko SA, Zhuchayev KV, Shevchenko AI, Izhmulkina EA, Prokhorov ON, Kishnyaikina EA, Smolovskaya OV. Biochemical parameters of the blood of the broiler chickens that received various dosages of thyme extract in the diet. Annals of Agri-Bio Research. 2019;24(2):303-308.

34. Basit MA, Kadir AA, Loh TC, Abdul Aziz S, Salleh A, Zakaria ZA, Banke Idris S. Comparative efficacy of selected phytobiotics with halquinol and tetracycline on gut morphology, ileal digestibility, cecal microbiota composition and growth performance in broiler chickens. *Animals*. 2020;10(11):2150. doi: 10.3390/ani10112150
35. Bortoluzzi C, Schmidt JM, Bordignon HLF, Fülber LM, Layter JR, Fernandes JIM. Efficacy of yeast derived gluco-mannan or algae-based antioxidant or both as feed additives to ameliorate mycotoxicosis in heat stressed and unstressed broiler chickens. *Livestock Science*. 2016;193:20-25. doi: 10.1016/j.livsci.2016.09.005
36. Drannikov AV, Derkanosova AA, Korotaeva AA, Orinicheva AA, Iskusnykh AY, Litvinov EV. Phytobiotics as an alternative to antibiotics in feeding farm birds. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. 2021;640:032061. doi: 10.1088/1755-1315/640/3/032061
37. Edi DN, Natsir MH, Djunaidi IH. The effect of dietary teak leaf extract (*Tectona grandis* Linn. f) on egg quality of laying hens. *Scholars Journal of Agriculture and Veterinary Sciences (SJA VS)*. 2018;5(9):490-497. doi: 10.21276/sjavs.2018.5.9.3
38. El-Hack A, Alagawany M, Abdel-Moneim AME, Mohammed NG, Khafaga AF, Bin-Jumah M, Elnesr SS. Cinnamon (*Cinnamomum zeylanicum*) oil as a potential alternative to antibiotics in poultry. *Antibiotics*. 2020;9(5):210. doi: 10.3390/antibiotics9050210
39. Franciosini MP, Casagrande-Proietti P, Forte C, Beghelli D, Acuti G, Zanichelli D, Trabalza-Marinucci, M. Effects of oregano (*Origanum vulgare* L.) and rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) aqueous extracts on broiler performance, immune function and intestinal microbial population. *Journal of Applied Animal Research*. 2016;44(1):474-479. doi: 10.1080/09712119.2015.1091322
40. Gjorgovska N, Grigorova S, Levkov V. Application of rose hip fruits as feed supplement in animal nutrition. *Journal of Agriculture Food and Development*. 2021;7:12-15. doi: 10.30635/2415-0142.2021.07.03
41. Grigorova S, Gjorgovska N, Levkov V. Effects of rosehip feed supplementation on egg quality parameters, yolk lipid oxidation, and blood parameters of laying hens. *Iranian Journal of Applied Animal Science*. 2021;11(4):827-833.
42. Hatice KA, Adem YA, Esenbuğa N, Macit M. The effect of rosehip seed supplementation into laying hens diets on performance, egg quality traits, yolk lipid profile and serum parameters. *Alinteri Journal of Agriculture Science*. 2019;34(1):84-87. doi: 10.28955/alinterizbd.578536
43. Igual M, Chiş MS, Păucean A, et al. Valorization of rose hip (*Rosa canina*) puree co-product in enriched corn extrudates. *Foods*. 2021;10(11):2787. doi: 10.3390/foods10112787
44. Jachimowicz K, Winiarska-Mieczan A, Tomaszewska E. The impact of herbal additives for poultry feed on the fatty acid profile of meat. *Animals*. 2022;12(9):1054. doi: 10.3390/ani12091054
45. Kikusato M. Phytobiotics to improve health and production of broiler chickens: functions beyond the antioxidant activity. *Animal Bioscience*. 2021;34(3):345-353. doi: 10.5713/ab.20.0842
46. Krauze M, Abramowicz K, Ognik K. The effect of addition of probiotic bacteria (*Bacillus subtilis* or *Enterococcus faecium*) or phytobiotic containing cinnamon oil to drinking water on the health and performance of broiler chickens. *Ann Anim Sci*. 2020;20(1):191-205. doi: 10.2478/aoas-2019-0059
47. Laptev GY, Yildirim EA, Ilina LA, Filippova VA, Kochish II, Gorfunkel EP, Romanov MN, et al. Effects of essential oils-based supplement and salmonella infection on gene expression, blood parameters, cecal microbiome, and egg production in laying hens. *Animals*. 2021;11(2):360. doi: 10.3390/ani11020360
48. Mohammadi Gheisar M, Kim IH. Phytobiotics in poultry and swine nutrition—a review. *Italian Journal of Animal Science*. 2018;17(1):92-99. doi: 10.1080/1828051X.2017.1350120
49. Moharreri M, Vakili R, Oskoueian E, Rajabzadeh G. Phytobiotic role of essential oil-loaded microcapsules in improving the health parameters in *Clostridium perfringens*-infected broiler chickens. *Italian Journal of Animal Science*. 2021;20(1):2075-2085. doi: 10.1080/1828051X.2021.1993093

50. Mohiti-Asli M, Ghanaatparast-Rashti M. Comparison of the effect of two phytogetic compounds on growth performance and immune response of broilers. *Journal of Applied Animal Research*. 2017;45(1):603-608. doi: 10.1080/09712119.2016.1243119
51. Nitievskaia KN. Research of the process of hydration of rosa majalis. *Modern Sci Innov*. 2020;4(32):76-82. doi: 10.37493/2307-910X.2020.4.11
52. Rabelo-Ruiz M, Ariza-Romero JJ, Zurita-González MJ, Martín-Platero AM, Baños A, Maqueda M, Peralta-Sánchez JM, et al. Allium-based phytobiotic enhances egg production in laying hens through microbial composition changes in ileum and cecum. *Animals*. 2021;11(2):448. doi: 10.3390/ani11020448
53. Rafiq K, Tofazzal Hossain M, Ahmed R, Hasan MM, Islam R, Hossen MI, Islam M R. Role of different growth enhancers as alternative to in-feed antibiotics in poultry industry. *Frontiers in Veterinary Science*. 2022;8:794588. doi: 10.3389/fvets.2021.794588
54. Shatskikh EV, Korolkova-Subbotkina DE, Galiev DM, Chepushtanova OV, Rogozinnikova IV. Technological effect of a phytobiotic supplement on the development of immune organs in the experimental poultry farming. *AIP Conference Proceedings*. 2022;2467(1):070066. doi: 10.1063/5.0095546
55. Wafaa A, Abd El-Ghany. Phytobiotics in poultry industry as growth promoters, antimicrobials and immunomodulators: a review. *J of World's Poult. Research*. 2020;10(4):571-579. doi: 10.36380/jwpr.2020.65
56. Wang XF, Liu GH, Cai HY, Chang WH, Ma JS, Zheng AJ, Zhang S. Attempts to increase inosinic acid in broiler meat by using feed additives. *Poultry Science*. 2014;93(11):2802-2808. doi: 10.3382/ps.2013-03815
57. Xianjing He, Dandan Hao, Chunhai Liu, Xu Zhang, Dandan Xu, Xiaonan Xu, Jianfa Wang, Rui Wu. Effect of supplemental oregano essential oils in diets on production performance and relatively intestinal parameters of laying hens. *American Journal of Molecular Biology*. 2017;7(1):73-85. doi: 10.4236/ajmb.2017.71006
58. Zaikina AS, Buryakov NP, Buryakova MA, Zagarin AY, Razhev A.A, Aleshin DE. Impact of supplementing phytobiotics as a substitute for antibiotics in broiler chicken feed on growth performance, nutrient digestibility, and biochemical parameters. *Veterinary Sciences*. 2022;9(12):672. doi: 10.3390/vetsci9120672

Информация об авторах:

Елена Юрьевна Залубовская, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник отдела животноводства и птицеводства, Дальневосточный зональный научно-исследовательский ветеринарный институт, 675005, Амурская область, г. Благовещенск, ул. Северная, 112, сот.: 8-914-579-43-97.

Мария Салиховна Мансурова, научный сотрудник, отдела животноводства и птицеводства, Дальневосточный зональный научно-исследовательский ветеринарный институт, 675005, Амурская область, г. Благовещенск, ул. Северная, 112, сот.:8-909-812-30-47.

Information about the authors:

Elena Y. Zalyubovskaya, Cand. Sci (Agriculture), Senior researcher, Department of Animal Husbandry and Poultry, Far East Zone Research Veterinary Institute, 112 Severnaya St., Amur region, Blagoveshchensk, 675005, tel.: 8-914-579-43-97.

Maria S. Mansurova, Researcher, Department of Animal Husbandry and Poultry, Far East Zone Research Veterinary Institute, 112 Severnaya St., Amur region, Blagoveshchensk, 675005, tel.: 8-909-812-30-47.

Статья поступила в редакцию 07.06.2024; одобрена после рецензирования 24.06.2024; принята к публикации 09.09.2024.

The article was submitted 07.06.2024; approved after reviewing 24.06.2024; accepted for publication 09.09.2024.

Животноводство и кормопроизводство. 2024. Т. 107, № 3. С. 138-162.
Animal Husbandry and Fodder Production. 2024. Vol. 107, no. 3. P. 138-162.

ФИЗИОЛОГИЯ ЖИВОТНЫХ

Обзорная статья

УДК 636.082

doi:10.33284/2658-3135-107-3-138

Стресс как лимитирующий фактор в животноводстве

Даниил Евгеньевич Шошин¹, Никита Германович Ерофеев², Елена Анатольевна Сизова³,
Марина Юрьевна Павлова⁴

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

¹daniilshoshin@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3086-681X>

²nick060302@gmail.com

³Sizova.L78@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5125-5981>

⁴marqo5677@mail.ru

Аннотация. В статье представлены данные о стресс-реакциях, распространённых в животноводческом секторе, как деструктивных процессах, снижающих общую продуктивность крупного рогатого скота, птицы и прочих животных, и как следствие, общую рентабельность производства. Очерчена история исследований, описаны морфофизиологические и биохимические реакции, возникающие в организме, при неблагоприятных условиях, некоторые типы стресса, включая наиболее распространённые тепловой, транспортный и отъёмочный, а также основные принципы борьбы и предотвращения негативных следствий стресс-реакции.

Ключевые слова: сельскохозяйственные животные, стресс, тепловой стресс, транспортный стресс, отъёмочный стресс, физиология стресса

Благодарности: работа выполнена в соответствии с планом НИР за 2023-2024 гг. ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН (FNWZ-2024-0001).

Для цитирования: Стресс как лимитирующий фактор в животноводстве (обзор) / Д.Е. Шошин, Н.Г. Ерофеев, Е.А. Сизова, М.Ю. Павлова // Животноводство и кормопроизводство. 2024. Т. 107, № 3. С. 138-162. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-107-3-138>

PHYSIOLOGY OF ANIMALS

Review article

Stress as a limiting factor in animal husbandry

Daniil E Shoshin¹, Nikita G Erofeev², Elena A Sizova³, Marina Yu Pavlova⁴

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

¹daniilshoshin@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3086-681X>

²nick060302@gmail.com

³Sizova.L78@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5125-5981>

⁴marqo5677@mail.ru

Abstract. The article presents data on stress reactions common in the livestock sector as destructive processes that reduce the overall productivity of cattle, poultry and other animals, and as a result, the

overall profitability of production. The history of research is outlined, morphophysiological and biochemical reactions that occur in the body under adverse conditions, some types of stress, including the most common thermal, transport and withdrawal, as well as the basic principles of combating and preventing the negative effects of stress reactions are described.

Keywords: farm animals, stress, heat stress, transport stress, weaning stress, stress physiology

Acknowledgments: the work was performed in accordance to the plan of research works for 2023-2024 FSBRI FRC BST RAS (FNWZ-2024-0001).

For citation: Shoshin DE, Erofeev NG, Sizova EA, Pavlova MYu. Stress as a limiting factor in animal husbandry (review). *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2024;107(3):138-162. (In Russ.). <https://doi.org/10.33284/2658-3135-107-3-138>

Введение.

Производство животноводческой продукции, будь то молоко, мясо, шерсть, яйца или иное, подразумевает включение живого организма в строго контролируемый и направленный технологический процесс, или, условно говоря, его фактически полное изъятие из естественной физиологически-конвергентной среды. Такой переход, эволюционно сопровождающийся адаптацией морфологических и функциональных особенностей сельскохозяйственных животных к потребностям человека, определяет абсолютную необходимость присутствия второго для нормального существования первого (Fisher M, 2018; Mignon-Grasteau S et al., 2005). Однако расширенная механизация подобного взаимоотношения, обусловленная растущим спросом на продукцию и сокращением числа индивидуальных подворий и фермерских хозяйств, ведёт к тому, что животное начинает рассматриваться лишь как «шестерёнка» в общем механизме производства (Bhoj S et al., 2024). При этом из ряда факторов, определяющих продуктивные качества, среди которых генетический потенциал, нормы кормления, условия содержания и ветеринарный надзор, часто исключается психоэмоциональное состояние, определяемое вкуче общим комплексом внешней и внутренней среды (Lamy E et al., 2012; Zulkifli I, 2013). В свою очередь, такие элементы производственного процесса, как малая подвижность, высокая скученность, транспортировка, процедуры отъёма молодняка, наличие широкого спектра шумов, зачастую сопряжены с формированием стресс-реакций, так или иначе сказывающихся на продуктивных качествах (Kumar B et al., 2012). Иными словами, глубокий анализ и контроль подобных индукторов негативных связей может иметь весьма позитивный результат.

Цель исследования.

Обзор существующих на сегодняшний день данных о природе, источниках и механизме стресс-реакции у животных, включая возможные отрицательные эффекты.

Материалы и методы исследования. Поиск и анализ литературы проводился с использованием интернет-ресурсов: РИНЦ – <https://www.elibrary.ru>, ScienceDirect – <https://www.sciencedirect.com>, PubMed – <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>, Google Scholar (Google Академия) - <https://scholar.google.ru/> за период 1975-2024 гг.

Результаты исследования и их обсуждение.

Стресс как ответная реакция на раздражение: краткая история исследований. Возникновение концепции стресса, изначально – исключительно в лоне медицины, связано, в первую очередь, с именами Клода Бернара и Уолтера Кэннона, разработавшими теорию постоянства (гомеостаза) внутренней среды организма. Согласно последней, все биохимические и физиологические процессы как внутри, так и вне клеток осуществляются в строго контролируемых допустимых диапазонах pH, температуры, давления и прочих физических факторов, выход за пределы которых сопряжён с феноменом «общего адаптационного синдрома», более известного как «стресс-реакция» (Goldstein DS and Kopin IJ, 2007). Иными словами, животные, в частности высокоразви-

тые, по теории Бернара и Кэннона, должны иметь «механизм поддержания постоянной и свободной жизни, независимой от изменений в окружающей среде», сущность которого заключается в регулировании энергетического баланса, определяемого режимом питания. Данное понимание рассматриваемого явления достаточно примитивно, но, безусловно, содержит в себе рациональное зерно, что позволило в дальнейшем понятию «стресс» прочно укрепиться в науке (Геворкян В.С. и Геворкян И.С., 2017). При этом, однако, представленная выше концепция за всё время своего существования множество раз подвергалась пересмотру и впоследствии приняла более развёрнутую форму. Под словом «стрессор» стали понимать не только физические, но и более сложные психологические воздействия, способные вызвать негативные эмоции у субъекта (Yumatov EA, 2020), что, вопреки расхожему мнению, присуще не только приматам, но и всей совокупности млекопитающих и даже птиц (de Waal FBM and Andrews K, 2022). Было изучено влияние стресса на двигательную активность (Городецкая И.В. и Гусакова Е.А., 2013), пищеварительную (Винникова С.В., 2014), иммунную (Ибишов Д.Ф. и Поносов С.В., 2022; Шахов А.Г. и др., 2020), кровеносную (Мифтахутдинов А.В., 2014) и нервную системы (Morley JE et al., 1982), определён спектр стресс-индуцирующих факторов (Шевченко Д.О. и др., 2022) и разработаны методы борьбы, включая идентификацию и устранение причин стресса или же снижение интенсивности их действия, а также поиск и аттестацию или разработку препаратов с выраженным антистрессовым потенциалом (Sneddon LU et al., 2016), в качестве которых в животноводческом секторе, как правило, выступают различные фитохимические соединения, экстракты трав и корней, пробиотики и некоторые фармацевтические препараты (Kikusato M, 2021; Surai PF and Fisinin VI, 2012).

Следует отметить также, что особый вклад в становление концепции стресса внёс канадский патолог и эндокринолог австро-венгерского происхождения Ганс Селье, выделивший три стадии развития у описываемого процесса на модели лабораторных мышей:

1) Стадия тревоги, выражающаяся в мобилизации всех резервных запасов энергии в организме. Возникает сразу после воздействия стрессора, активируя работу тех органов, которые будут способствовать выживанию в конкретных неблагоприятных условиях, и подавляя функцию «лишних» в данный момент систем. Так, например, замедляется рост, процессы регенерации, работа ЖКТ, подавляются репродуктивные функции. Напротив, усиливается работа надпочечников, ускоряется работа сердечной мышцы, активируются процессы катаболизма.

2) Стадия резистентности, в течение которой субъект за счёт предшествующей мобилизации нивелирует последствия внешних воздействий. В этот момент возможно отслеживание увеличенной стрессоустойчивости. На биохимическом уровне усиливается синтез гормонов стресса (адреналин, катехоламин). Организм приспосабливается к воздействию стрессора. Затем, если действие стресс-фактора прекращается, организм возвращается в нормальный режим работы, в противном случае – переходит на последнюю стадию.

3) Стадия истощения характеризуется необратимыми изменениями морфологии и физиологии органов и тканей – организм больше не способен сопротивляться негативным факторам среды (Jackson M, 2014). Происходит срыв адаптивных регуляторных механизмов, и организм гибнет вследствие невозможности адекватного энергообеспечения адаптационных процессов.

Более того, Ганс Селье в своих трудах предложил подразделять стресс на две разновидности: дистресс (от английского слова *distress* – истощение) и эустресс. И если второй, «острый стресс», действующий на коротком временном промежутке, в определённой степени можно считать позитивным фактором, способствующим закаливанию организма, то первый, представленный в хронической форме, крайне негативно сказывается на процессах жизнедеятельности (Broom DM et al., 2019).

Таким образом, под стресс-реакцией сегодня следует понимать мобилизацию физиологических резервов организма в ответ на внешнее раздражение, превышающее допустимое пороговое значение, адаптацию к новому физическому, химическому, материальному или человеческому окружению (особо актуально для сельскохозяйственных животных, разводимых и используемых по схеме закрепления отдельных лиц за особью, например: «дойрка-корова», «стадо-пастух» и т.

д.). Такой процесс сопровождается перестройкой метаболизма и требует больших энергетических затрат, что негативно сказывается не только на продуктивности, но и на общем состоянии здоровья поголовья. Однако, прежде чем непосредственно перейти к причинам и следствиям стресс-реакций в животноводстве, следует отметить основные биохимические и физиологические механизмы, лежащие в их основе.

Биохимия и физиология стресса. Стресс как состояние, индуцированное внешними или внутренними негативными факторами и угрожающее гомеостатическим параметрам организма, сопровождается сложным каскадом физиологических и поведенческих реакций, направленных на возвращение к обще-нормальному равновесию – эустазу (рис. 1). В реализации последних участвуют нейроэндокринная и иммунноклеточная системы, вкупе формирующие так называемый стресс-комплекс животного, основу которого составляют гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковая ось и симпатический отдел вегетативной части ЦНС, тесно взаимодействующий с другими нервными центрами, а также тканями и органами на периферии (Tsigos C et al., 2020). Ключевыми метаболитами и эффекторами в этом случае выступают кортикотропин-рилизинг-гормон (КРГ), тиреотропин-рилизинг-гормон (ТРГ), аденокортикотропин (АКТГ), окситоцин, вазопрессин, тироксин, глюкокортикоиды (кортизол), минералокортикоиды (альдостерон) и катехоламины (норадреналин и адреналин). Последние, в частности, влияют на основные иммунные функции, такие как презентация антигена, пролиферация и трафик лейкоцитов, секреция цитокинов и антител, а также функциональную активность Т-хелперов и Т-киллеров (Elenkov IJ and Chrousos GP, 2007).

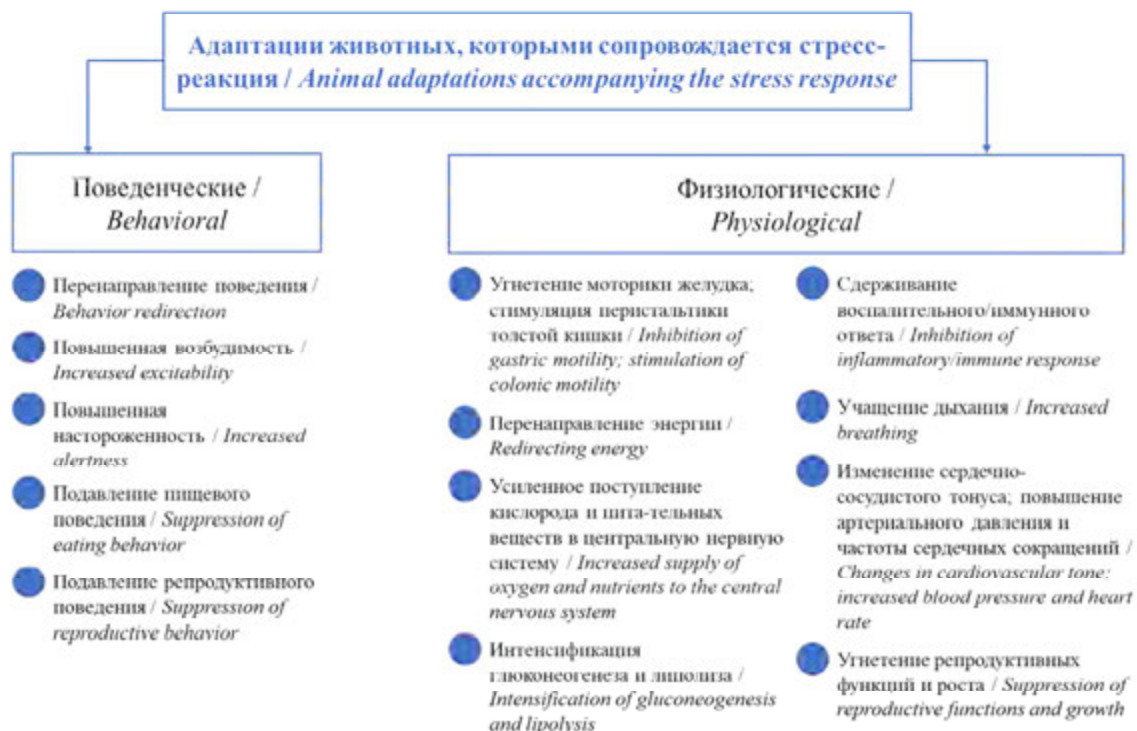


Рисунок 1. Поведенческие и физиологические адаптации животных, которыми сопровождается стресс-реакция

Figure 1. Behavioral and physiological adaptations of animals, which are accompanied by a stress reaction

Иными словами, в организме существует несколько вертикальных уровней, задействованных в стресс-реакции (рис. 2):

1) Гипоталамус и симпатoadреналовая система или центральная нейрoхимическая цепь. Отвечает за активацию стресс-системы и включает как стимулирующие, так и тормозящие пути с несколькими участками взаимодействия, которые модулируют и тонко настраивают адаптивную реакцию. Ключевыми компонентами этих путей являются гипоталамические парвоцеллюлярные кортикотропин-рилизинг-гормон и адреналин-вазопрессин-секретирующие, а также центральные катехоламинергические нейроны. Участвуя в стресс-реакции, вырабатываемые ими вещества, стимулируют секрецию АКТГ, окситоцина и вазопрессина на нижеследующем уровне (Majzoub JA, 2006). Вазопрессин обладает антидиуретическим действием и играет важную роль в солевом и водном балансах, некоторых метаболических путях, включая глюконеогенез (Bankir L et al., 2017). Окситоцин, в свою очередь, имеет плейотропный эффект и связан с регуляцией процессов пищеварения, дыхания, сердечно-сосудистой деятельности, энергетического баланса, натрийуреза, работы эндокринной и иммунной систем, процессов лактации и родов, он же определяет восприятие боли (Yang HP et al., 2013) и стимулирует молокоотдачу. В частности, ранее было показано, что инъекция 1 мл окситоцина коровам голштинской породы перед доением за 305 дней лактации позволяет получить на 849 кг больше молока, чем в контрольной группе (Nostrand SD et al., 1991).

Более того, задняя доля гипоталамуса напрямую через симпатический отдел вегетативной нервной системы активирует мозговое вещество надпочечников и синтез адреналина и норадреналина, поступающих в кровь. Последние объединяются в группу метаболических гормонов, так как непосредственно активируют клеточный метаболизм (Зенкин А.С. и др., 2019). Симпатическая иннервация периферических органов также происходит от эфферентных преганглионарных волокон, клеточные тела которых лежат в интермедиолатеральном столбе спинного мозга. Эти нервы объединяются в двустороннюю цепь симпатических ганглиев с постганглионарными симпатическими нейронами, которые иннервируют гладкомышечные клетки сосудистой сети, скелетной мускулатуры, сердца, почек, кишечника, жировой ткани и многих других органов (Tsigos C et al., 2020).



Рисунок 2. Компоненты стресс-системы и их взаимодействие
Figure 2. Components of the stress system and their interaction

Помимо прочего, гипоталамус принимает участие в регуляции общего обмена веществ, деятельности сердечно-сосудистой системы и терморегуляции, опосредует чувство жажды и голода,

сексуальное поведение и размножение, управляет циркадными ритмами, так называемой системой CLOCK (Biran J et al., 2015; Nader N et al., 2010).

2) Гипофиз. Секретируемый передней долей гипофиза АКТГ является ключевым регулятором выработки глюкокортикоидов (кортизол) и андрогенов (тестостерон) пучковой и сетчатой зонами коры надпочечников соответственно, а также участвует в регуляции секреции альдостерона клубочковой зоной (Aguilera G, 1993). ТТГ же отвечает за работу щитовидной железы.

3) Надпочечники. Глюкокортикоиды и минералокортикоиды являются конечными гормональными эффекторами гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой оси, проявляя свои плеiotропные эффекты через повсеместно распределённые внутриклеточные рецепторы (Munck A et al., 1984). Кортизол способствует повышению уровня сахара в крови, подготавливая организм к борьбе со стрессом, а альдостерон поднимает артериальное давление, обеспечивая быстрее поступление кислорода и питательных веществ к активным структурам организма (Funder JW, 2010).

В контексте адаптивной реакции на стресс глюкокортикоиды оказывают в первую очередь катаболические эффекты в рамках обобщенных усилий по использованию всех доступных энергетических ресурсов против стрессора. Таким образом, глюкокортикоиды увеличивают печеночный глюконеогенез и уровень глюкозы в плазме крови, индуцируют липолиз (хотя они способствуют накоплению жира в брюшной и дорсоцервикальной областях) и вызывают деградацию белка во многих тканях (например, в скелетных мышцах, костях и коже), чтобы обеспечить аминокислоты, которые могут быть использованы в качестве дополнительного субстрата для окислительных путей. Параллельно со своим прямым катаболическим действием, глюкокортикоиды также противодействуют анаболическому эффекту соматотропина, инсулина и половых стероидов на свои органы/ткани-мишени. Этот сдвиг метаболизма в катаболическое состояние активированной гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой осью обычно обращается вспять при втягивании наложенного стрессора (стрессоров). Однако хроническая активация может иметь ряд пагубных эффектов, включая увеличение висцерального ожирения, подавление остеобластической активности, снижение сухой массы тела (снижение мышечной и костной массы, вызывающее саркопению и остеопению) и резистентность к инсулину (Chrousos GP, 2000; Kyrou I and Tsigos C, 2007).

Катехоламины же, как известно, являются важнейшими регуляторами адаптивных реакций организма, обеспечивая его переход из состояния покоя в состояние возбуждения, нередко достаточно большой продолжительности. Именно катехоламиновая реакция является важнейшим элементом в формировании состояния стресса (Ковальчикова М. и Ковальчик К., 1978). На стадии тревоги адреналин обеспечивает быструю активацию обменных процессов, увеличение сократительной способности миокарда и мобилизацию гликогена печени. В это же время активизируется островковый аппарат поджелудочной железы, что проявляется в резком повышении инкреции инсулина в результате гипергликемии (Галочкин В.А. и др., 2009). При этом стресс-система подавляет синтез гонадотропин-рилизинг-гормона, соматотропина и тироксина, угнетая тем самым репродуктивную функцию и рост организма (Chand D and Lovejoy DA, 2011; Asres A and Amha N, 2014). Она же ингибирует иммунный ответ благодаря противовоспалительному действию глюкокортикоидов, выражающемуся в изменениях трафика и функциональной активности лейкоцитов, снижении продукции цитокинов и других медиаторов воспаления, а также ингибировании провоспалительных сигнальных путей в органах и тканях-мишенях (Reed RG and Raison CL, 2016; Pruett SB, 2003).

Стоит также отметить, что стресс-система не только задаёт уровень возбуждения и регулирует жизненные показатели, но и дополнительно взаимодействует с другими важнейшими компонентами ЦНС, включая мезокортиколимбическую дофаминергическую зону, комплекс миндалевидного тела/гиппокампа, дугообразное ядро нейронной системы проопиомеланокортина, центры терморегуляции и аппетита, формируя таким образом сложноорганизованный реципрокный механизм, который тонко настраивает адаптивную реакцию.

При этом собственные индивидуальные реакции на стресс определяются множеством онтогенетических, экологических и морфологических факторов, к примеру, известно, что быки-

кастраты по своей природе более флегматичны и менее раздражимы, чем быки-производители (Rust RL et al., 2007). В зависимости от источника стресса животные испытывают страх, обезвоживание или голод. Повышенная утомляемость и физические травмы дополнительно потенцируют нарушения в энергетическом и ионном внутриклеточном балансе, в протеазной системе, а также изменения белков скелетных мышц, что сказывается на качестве получаемой мясной продукции (Ouali A et al., 2006; Xing T et al., 2017).

Особое значение имеют также степень адаптации животного к условиям содержания и стадия производственного цикла. Так, акклиматизированные породы менее подвержены климатическому стрессу, нежели инвазивные, приобретённые в других регионах (Чирихина В.А., 2021; Корякина Л.П. и др., 2023). Коровы, находящиеся в середине лактации, наиболее чувствительны к тепловому стрессу по сравнению с ранними и поздними стадиями. Так, снижение молокопродукции при повышенных температурах окружающей среды составило 14 % в начале лактации и 35 % – в середине лактации (Basirico L et al., 2009; Bernabucci U et al., 2010). Средняя молочная продуктивность голштино-фризской породы в ранний период лактации (первые 60 дней лактации) была достоверно ($p < 0,05$) выше весной ($42,74 \pm 4,98$ л), чем летом ($39,60 \pm 5,09$ л) (Joksimovic-Todorovic VM et al., 2011).

Таким образом, стресс следует рассматривать как состояние дисгармонии, реостаза и аллостаза, затрагивающее широкий спектр физиологических процессов и систем, что сказывается на смене направления общего обмена веществ с процессов роста и развития на реакции противодействия неблагоприятным факторам, которые в случае с животноводческим сектором можно объединить в ряд групп, определяющих разновидность стресс-воздействия.

Типология стресса в животноводстве: причины и следствия. Стресс у сельскохозяйственных животных в виду многообразия их взаимодействий с человеком и окружающей средой следует подразделять на три созависимые категории: средовой, технологический и эмоциональный. Первый обусловлен физическими и химическими параметрами микроклимата помещений, где содержится поголовье: температурой и составом воздуха, его влажностью, интенсивностью освещения, шумовой нагрузкой, плотностью посадки; второй связан с различными производственными операциями – ветеринарным осмотром, транспортировкой, отёмом молодняка, а также структурой кормления и составом рационов, третий, как правило, определяется взаимоотношениями животных внутри группы и с человеком, часто он вытекает из двух предыдущих категорий ввиду невозможности реализации какой-либо физиологической потребности. Так, наиболее распространёнными в животноводческом секторе являются тепловой, кормовой, отёмочный, и транспортировочный виды стресса (Ажмулдинов Е.А. и др., 2018; Боголюбова Н.В. и др., 2022; Bogolyubova NV et al., 2019).

1. Тепловой стресс. Опасными для сельскохозяйственных животных являются как низкие, так и высокие температуры окружающей среды, так, например, термонеутральная зона у молочного скота, в пределах которой поддерживается физиологическая температура тела $+38,4...+39,1$ °C колеблется от $+16$ °C до $+25$ °C (Renaudeau D et al., 2012). Переохлаждение же наступает, когда температура тела падает значительно ниже нормы. В целом, у крупного рогатого скота лёгкая гипотермия возникает при температуре тела $+30...+32$ °C, умеренная – при $+22...+29$ °C и тяжёлая – ниже $+20$ °C. Когда ректальная температура опускается ниже $+28$ °C, адаптационные механизмы организма уже не могут самостоятельно вернуть показатели к норме без дополнительного согревания и приёма тёплых жидкостей. По мере прогрессирования гипотермии метаболические и физиологические процессы замедляются, и кровь отводится от конечностей для защиты жизненно важных органов. В экстремальных ситуациях у животных замедляется дыхание и сердцебиение, они теряют сознание и умирают. Доказано, что холодовой стресс снижает скорость усвоения молозива новорождёнными телятами (Stull CL, 1997). При охлаждении возрастают энергетические затраты животных, в связи с чем им необходимо значительно большее количество кормов для поддержания тех же темпов роста, что снижает рентабельность производства. Однако стресс, обусловленный низкими температурами, легко нивелируется при соблюдении условий содержания и норм по-

стройки животноводческих помещений, гораздо опаснее – перегрев (Aggarwal A and Upadhyay R, 2013; Joy A et al., 2020). В частности, в США ежегодные убытки, обусловленные тепловым стрессом, только в молочном скотоводстве составляют порядка 900 млн долларов, и более 300 млн долларов – в мясном скотоводстве и свиноводстве (St-Pierre N et al., 2003). Ежегодные производственные потери, связанные с повышенными температурами, в индустрии австралийских откормочных площадок оцениваются в 16,5 млн долларов (MLA, 2010). Связано это в первую очередь с тем, что несмотря на хорошо развитые механизмы терморегуляции, жвачные и моногастричные животные не способны поддерживать строгую гомеотермию, при этом гипертермия вредна в любой форме, независимо от породы и степени адаптации. Так, наиболее известным эффектом повышенной температуры тела является адаптивное снижение скорости обмена веществ и аппетита. Потребление корма лактирующими коровами незначительно снижается уже при температуре воздуха +25...+26 °C, а начиная с +30 °C и выше +40 °C, падает на 40 % (Rhoads RP et al., 2013). Аналогичная динамика в диапазоне 22-35 % и 8-10 % наблюдается у молочных коз (Hamzaoui S et al., 2012) и у бойволиц (Hooda OK and Singh S, 2010) соответственно. Под действием теплового стресса меняется и общая направленность пищеварительных процессов (Nardone A et al., 2006; Soriani N et al., 2013). Так, Nonaka I с соавторами (2008) сообщали, что у жвачных при повышении температуры воздуха снижается выработка ацетата в рубце, в то время как количество пропионата и бутирата увеличивается. В ответ животное потребляет меньше грубых кормов и изменяет микробную популяцию рубца и pH с 5,82 до 6,03 (Hall M, 2009), снижая интенсивность жвачки и перистальтических процессов (Nardone A et al., 2006; Soriani N et al., 2013).

При тепловом стрессе у животных, помимо прочего, возникают общие метаболические изменения (Rhoads M et al., 2009), что в конечном итоге может привести к смерти (Lacetera N, 2019). Так, к примеру, адаптивная иммунная функция животного смещается от нормального клеточного опосредованного к гуморальному иммунитету (Sophia I et al., 2016), что ослабляет иммунный статус, повышая восприимчивость животных к ряду патогенов и трансмиссивных заболеваний (Vandana G et al., 2019; Sophia I et al., 2016). Кроме того, под влиянием теплового фактора усиливается окислительный стресс (снижение антиоксидантного статуса/повышенная выработка свободных радикалов) (Sordillo LM and Aitken SL, 2009) у молочного скота (Bernabucci U et al., 2002), овец (Chauhan SS et al., 2014; Chauhan SS et al., 2016), свиней (Liu F et al., 2016) и домашней птицы (Mujahid A et al., 2005; Shakeri M et al., 2019; Shakeri M et al. 2020). Наиболее подробно иммунные реакции на тепловой стресс рассмотрены в работе Chauhan SS с коллегами (2021).

Тепловой стресс отрицательно влияет и на молочную продуктивность, включая качественный состав молока, особенно у животных с высоким генетическим потенциалом (Bougaoui R et al., 2002; Upadhyay RC et al., 2009; Wheelock JB et al., 2010). К примеру, по данным Bougaoui R с соавторами (2002), индекс THI (показатель температуры и влажности) отрицательно коррелирует с удоєм. Так, увеличение значения THI с 68 до 78 снижает потребление корма на 9,6 % и производство молока – на 21 %. Spiers DE с коллегами (2004) сообщили, что удои снижаются на 0,41 кг/корова/сут на каждую единицу THI свыше 69. Gaafar HMA соавторами (2011) продемонстрировали, что с увеличением THI с 59,82 в зимний сезон до 78,53 в летний сезон общий удои за лактацию и суточный надой молока снижается на 39,00 % и 29,84 % соответственно.

Kadzere CT с коллегами (2002) также показали, что процент молочного жира, сухого вещества без учёта жира и молочного белка уменьшался при росте индекса THI. Bougaoui R с соавторами (2002) наблюдали снижение молочного жира и молочного белка в летний сезон, когда значение THI превышало 72. Кроме того, анализ белковых фракций также показал снижение процентного содержания казеина, лактальбумина, IgG и IgA (Nardone A et al., 2006).

2. Транспортировочный стресс. Установлено, что перевозка животных на большие расстояния вызывает потери живой или убойной массы (Ritter MJ et al., 2008; Knowles TG et al., 1999; Minka NS et al., 2009; Hartung J, 2003). При исследовании влияния длительной перевозки телят (в течение 19 ч с перерывом в 1 ч на отдых) летом и зимой обнаружены более выраженные изменения в зимний период, когда потери в живой массе были выше (в среднем до 2 кг). Адаптационный пе-

риод составил 8 ч летом и 16 ч зимой у животных после транспортировки. На восстановление потерь живой массы животным опытных групп потребовалось 48 часов летом и 72 часа зимой (Tarrant P, 1989). При транспортировке свиней в течение 8, 16 и 24 ч потери составили 2,2, 2,0 и 4,3 % живой массы соответственно. Аналогичным образом в течение 15 ч овцы потеряли 5,5 % от их первоначальной живой массы, в то время как в стационарной контрольной группе потеря была всего 3,6 %. При перевозке в жаркий сезон потери живой массы у коз составили 11,9 % от первоначальной. При транспортировке их в течение 12 часов на расстояние 600 км потери составили 5,6 % (Hartung J, 2003). Транспортировка лошадей на 800 миль привела к снижению массы на 2,37 % (Stull CL, 1999).

3. Кормовой стресс. Кормовой стресс у животных возникает при смене кормов, использовании некачественных ингредиентов, загрязнённости кормов ксенобиотиками и под воздействием прочих причин. Так, жир в рационе значительно влияет на показатели роста и состояние здоровья стада. Некачественные масла в кормах снижают продуктивность цыплят-бройлеров (Mazur-Kusnierek M et al., 2019). Диеты, богатые полиненасыщенными жирными кислотами (ПНЖК), усиливают перекисное окисление липидов и снижают антиоксидантную способность. Прогорклые жиры, подвергающиеся процессам автоокисления, содержат вещества, образующие свободные радикалы. В результате реакций окисления образуются вредные перекиси, которые превращаются в углеводороды, кетоны, спирты, органические кислоты и альдегиды, включая малоновый диальдегид. Повышенная продукция АФК нарушает окислительно-восстановительный баланс и приводит к окислительному стрессу с вредными последствиями для здоровья (Koch RE and Hill GE, 2016).

Причиной окислительного стресса могут быть микотоксины в кормах. Охратоксин А (ОТА, вторичный метаболит, продуцируемый некоторыми видами *Aspergillus* и *Penicillium*) оказывает иммунодепрессивное действие на человека и животных. Охратоксин А вызывает окислительный стресс, ПОЛ и патологические поражения в тканях фабрициевой сумки, селезёнки и тимуса кур, о чём свидетельствует снижение количества каталазы и увеличение содержания продуктов, реагирующих с тиобарбитуровой кислотой (ТБК-АП). Кроме того, введение ОТА в рацион приводит к апоптозу, что проявлялось в повышении экспрессии генов PTEN, Bax и каспазы-3 и снижении экспрессии генов PI3K, AKT и Bcl-2 (Abdelrahman RE et al., 2022). В обзоре Sorrenti V с соавторами (2013) увеличение продукции АФК и, как следствие, окислительный стресс и ПОЛ обсуждаются как причины токсичности ОТА. Повторное воздействие ОТА на цыплят в течение определённого периода времени снижает активность СОД, содержание глутатиона (GSH) и общую антиоксидантную способность при одновременном увеличении количества МДА (Hameed MR et al., 2017; Tong C et al., 2020).

Кадмий (Cd) – тяжёлый металл и один из наиболее токсичных загрязнителей окружающей среды. Его присутствие в кормах представляет серьёзную проблему в животноводстве и в сельском хозяйстве в целом. В некоторых случаях количества Cd превышают максимально допустимые. Cd может попадать в организм животных с кормовыми минеральными премиксами и поступать в растения при использовании навоза с высоким содержанием кадмия в качестве органического удобрения (Al-Waeli A et al., 2013). Кадмий обладает комплексной токсичностью для млекопитающих, вызывает различные формы окислительного повреждения и поражение тканей животных (Xu F et al., 2015). Cd индуцирует образование свободных радикалов, снижает активность антиоксидантных ферментов и приводит к окислительному разрушению липидов (Shaikh ZA et al., 1999), белков и ДНК у людей и животных (Zhao W et al., 2014). Описана гепатотоксичность кадмия, в куриной печени он индуцировал окислительный стресс и апоптоз (Li J-L et al., 2013).

4. Отъёмный стресс. Отъём является одним из самых сильных стрессов, потому что отлучённые животные должны быстро адаптироваться к большим изменениям в кормлении, окружающей среде. Совокупные эффекты этих стрессоров изменили состояние желудочно-кишечного тракта и отрицательно сказались на состоянии молодняка в послеотъёмный период.

Отъём включает в себя несколько стрессоров (например, отъём от матери, перегруппировку, транспортировку, изменение кормления и т. д.), которые в совокупности способствуют ухуд-

шению функционирования кишечника. Влияние отъёма на состояние желудочно-кишечного тракта давно известно, однако основные механизмы остаются недостаточно понятными. Эти механизмы, по утверждению Lynch E с коллегами (2010), являются ключевым фактором для улучшения неблагоприятных последствий отъёма на функции кишечника.

В природе отъём у животных является постепенным процессом, который приближается к завершению при полным созревании эпителиальной, иммунной и нервной систем, желудочно-кишечного тракта. Во время технологического отъёма животного от матери кроме основного стрессора возникают дополнительные психосоциальные и иммунологические стрессоры, которые усиливают нагрузку на организм в течение этого времени, включая транспортировку, перегруппировку, борьбу и создание новой социальной иерархии, вакцинацию и т. д. Время отъёма также совпадает с периодом снижения пассивного иммунитета от потребленного молока, что является дополнительным фактором.

McLamb BL совместно с коллегами (2013) установил, что отъём у поросят вызывает нарушение функции кишечного барьера, характеризующееся значительным снижением трансэпителиальной резистентности кишечника и повышенной его проницаемостью. В то же время, когда при нарушении функции эпителиального барьера происходит повышение активности противовоспалительных цитокинов, указывающих на надёжную активацию иммунной системы желудочно-кишечного тракта после отъёма. Специфическая иммунная реакция, по утверждению Moeser AJ и Pohl CS (2017), происходит за счёт активации тучных клеток кишечника.

В промышленном производстве свиней возраст отъёма может варьироваться от 14 до 30 дней в зависимости от нескольких факторов управления (например, время лактации, период стресса и график отъёма). По сравнению с поросятами, отнятыми от матери в возрасте 28 дней, отнятые в 21 день демонстрируют повышенную проницаемость кишечника. В эксперименте (Smith F et al., 2010) увеличение возраста отъёма с 15 до 28 дней привело к снижению уровня проницаемости кишечника.

Исследования Medland JE с коллегами (2016) показывают, что нарушения барьерной функции желудочно-кишечного тракта, иммунной и нервной систем у ранних отлучённых животных сохраняются и во взрослой жизни.

Пути нивелирования негативных последствий стресс-реакции в животноводстве. Исходя из вышепредставленной системы стресса, путей его возникновения и физиологии для нивелирования негативных эффектов в животноводческом секторе следует придерживаться следующих рекомендаций:

1) Необходимо обустроить помещение для содержания животных таким образом, чтобы вероятность проявления травмирующих стресс-факторов (тепловой и акустический стресс) была минимальна. Так, в частности, у молочного скота, получившего доступ к дождевателям в условиях теплового стресса, увеличивается производство молока, улучшается воспроизводство и конверсия корма (Wolfenson D, 2009). К этой же группе требований необходимо отнести соблюдение общих рекомендаций касательно ухода и кормления. Модификации питания могут помочь животным поддерживать гомеостаз или предотвратить дефицит питательных веществ, возникающий при стрессе. Так, повышение доли нерасщепляемого в рубце белка в рационах жвачных улучшает надой молока в жарком климате (West JW, 1999). Потребление сухого вещества корма и удой молока увеличиваются у коров, которых кормили рационами, содержащими 14 % по сравнению с 17 или 21 % кислотнo-детергентной клетчатки (West JW, 2003). Повышение содержания жира в рационе способствовало повышению эффективности производства молока и выхода молока в тёплое время года (Linn J et al., 2004). Корма, содержащие низкое содержание клетчатки в жаркую погоду, логичны, так как теплопродукция в значительной степени связана с метаболизмом ацетата по сравнению с пропионатом (Atrian P and Shahryar HA, 2012).

2) Подготовка к перегруппировкам и иным схожим мероприятиям должна проводиться заранее – примерно за неделю;

3) Необходимо ежедневно проводить клинический осмотр поголовья с сопутствующим удалением отличных (в этологическом и ином плане) от большинства экземпляров особей;

4) Следует соблюдать нормы площади и фронты кормления с учётом роста и развития животного;

5) При перевозке скота необходимо использовать приспособленный для этих целей транспорт. Помимо этого, весь путь должен занимать не больше часа, а в противном случае нужно будет совершать остановки для кормления, поения, и отдыха животных; не лишним будет использование адаптагенов.

7) Процесс отъёма молодняка должен происходить при поддержке стресс-протекторов. Так, возникающие при стрессе окислительные повреждения могут быть сведены к минимуму путём введения в рацион дополнительного количества витаминов С, Е и А, а также минералов, таких как цинк (McDowell LR, 1989). Витамин Е действует как ингибитор – «блокатор цепей» – перекисного окисления липидов, а аскорбиновая кислота предотвращает перекисное окисление липидов за счёт пероксильных радикалов. Кроме того, витамин С способствует усвоению фолиевой кислоты, восстанавливая ее до тетрагидрофолата, также выступающего в качестве антиоксиданта.

8) Весьма перспективным методом может являться селекция, направленная не только на повышение продуктивности в том или ином виде, но и нацеленная на повышение устойчивости к стрессовым факторам (примером может являться толерантность к высоким температурам).

Заключение.

Таким образом, исследования последних трёх-четырёх десятилетий указывают на то, что стресс является гораздо более сложным и многофакторным явлением, чем считалось ранее. Помимо существования достаточно большого числа разновидностей, стресс-факторы способны действовать в совокупности, и чем их больше, тем, соответственно, и большую нагрузку испытывает организм.

Также стоит отметить, что опытным путём был установлен факт того, что стресс оказывает влияние не только на нервную систему, но и, в сущности, на большинство жизненно важных систем, в числе которых иммунная, кровеносная и ЖКТ. Обеспечивая низкую активность иммунного ответа, стресс определяет повышенную заболеваемость организма, нарушения в поведении, а также повышенную летальность.

Именно в силу сложившейся картины исследования по нивелированию стресса являются достаточно актуальной темой, так как в данном случае стресс – это не только проблема ветеринарии, но и экономики аграрного сектора, так как стресс в отношении сельскохозяйственных животных выступает причиной потерь качества продукции и снижения рентабельности. Поэтому пути минимизации влияния стресс-факторов должны включать в себя весь комплекс мер по повышению функциональных резервов организма от адекватного обустройства местообитания до рационального использования адаптогенов и стресс-протекторов.

Список источников

1. Боголюбова Н.В., Некрасов Р.В., Зеленченкова А.А. Антиоксидантный статус и качество мяса у сельскохозяйственной птицы и животных при стрессе и его коррекция с помощью адаптогенов различной природы (обзор) // Сельскохозяйственная биология. 2022. Т. 57. № 4. С. 628-663. [Bogolyubova NV, Nekrasov RV, Zelenchenkova AA. Antioxidant status and quality of poultry and animal meat under stress and its correction with the use of various adaptogens (review). *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya [Agricultural Biology]*. 2022;57(4):628-663. (In Russ.)]. doi: 10.15389/agrobiology.2022.4.628rus doi: 10.15389/agrobiology.2022.4.628eng

2. Винникова С.В. Изменение мембранного пищеварения в тонкой кишке при стрессе // Вестник Уральской медицинской академической науки. 2014. № 3(49). С. 184-185. [Vinnikova SV.

Change of membrane digestion in the small intestine during stress. Journal of Ural Medical Academic Science. 2014;3(49):184-185. (*In Russ.*).

3. Влияние различных стресс-факторов на организм сельскохозяйственных животных (обзор) / Е.А. Ажмулдинов, М.А. Кизаев, М.Г. Титов, И.А. Бабичева // Животноводство и кормопроизводство. 2018. Т. 101. № 2. С. 79-89. [Azhmuldinov EA, Kizaev MA, Titov MG, Babicheva IA. Influence of various stress factors on the organism of farm animals (review). Animal Husbandry and Fodder Production. 2018;101(2):79-89. (*In Russ.*)].

4. Влияние технологического стресса на состояние клеточного иммунитета и цитокиновый профиль у поросят / А.Г. Шахов, Л.Ю. Сашнина, Ю.Ю. Владимирова, М.И. Адодина, К.В. Тараканова // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. 2020. № 3. С. 197-202. [Shakhov AG, Sashnina LYu, Vladimirova YuYu, Adodina MI, Tarakanova KV. The effect of a technological stress on the state of cellular immunity and cytokine profile in piglets. Voprosy normativno-pravovogo regulirovaniya v veterinarii. 2020;3:197-202. (*In Russ.*)]. doi: 10.17238/issn2072-6023.2020.3.197

5. Галочкин В.А., Галочкина В.П., Остренко К.С. Разработка теоретических основ и создание антистрессовых препаратов нового поколения для животноводства // Сельскохозяйственная биология. 2009. Т. 44, № 2. С. 43-54. [Galochkin VA, Galochkina VP, Ostrenko KS. Development of theoretical bases and creation of antistressful preparations of new generation for livestock farming. Sel'skokhozyaistvennaya biologiya [Agricultural Biology]. 2009;44(2):43-54. (*In Russ.*)].

6. Геворкян В.С., Геворкян И.С. Современные исследования воздействия различных стресс-факторов на крыс и мышей // Электронное научное издание Альманах Пространство и Время. 2017. Т. 15. № 1. С. 9. [Gevorkyan VS, Gevorkyan IS. Modern studies of different stressors effects on rats and mice. Electronic Scientific Edition Almanac Space and Time. 2017;15(1):9. (*In Russ.*)].

7. Городецкая И.В., Гусакова Е.А. Вертикальная двигательная активность животных с измененным тиреоидным статусом в различные стадии стресс-реакции // Фундаментальные и прикладные проблемы стресса: материалы III Междунар. науч.-практ. конф. (г. Витебск, 16-17 апреля 2013 г.). Витебск: Витебский гос. ун-т им. П.М. Машерова, 2013. С. 251-253. [Gorodeczkaya IV, Gusakova EA. Vertikalnaya dvigatel'naya aktivnost zhivotnyh s izmenennym tireoidnym statusom v razlichnye stadii stress-reakcii. (Conference proceedings) Fundamentalnye i prikladnye problem stressa: Materialy III Mezhdunar. nauch.-praktich. konfer. (g. Vitebsk, 16-17 April 2013 g.). Vitebsk: Vitebskij gosudarstvennyj universitet im. P.M. Masherova; 2013:251-253. (*In Russ.*)].

8. Ибишов Д.Ф., Поносов С.В. Влияние стресса у крупного рогатого скота на иммунитет // Актуальные вопросы ветеринарной биологии. 2022. № 1(53). С. 10-12. [Ibishov JaFO, Ponomov SV. The effect of stress in cattle on immunity. Actual Questions of Veterinary Biology. 2022;1(53):10-12. (*In Russ.*)]. doi: 10.24412/2074-5036-2022-1-10-13

9. Ковальчикова М., Ковальчик К. Адаптации и стресс при содержании и разведении сельскохозяйственных животных. М.: Колос, 1978. 271с. [Kovalchikova M, Kovalchik K. Adaptacii i stress pri sodержanii i razvedenii selskohozyajstvennyh zhivotnyh. Moscow: Kolos; 1978:271 p. (*In Russ.*)].

10. Корякина Л.П., Григорьева Н.Н., Слепцов Е.С. Физиологический статус и генетические аномалии завозных пород скота в экстремальных условиях Арктической зоны // Ветеринария и кормление. 2023. № 1. С. 39-41. [Koryakina LP, Grigorieva NN, Sleptsov ES. Physiological status and genetic abnormalities of imported cattle in extreme arctic zone conditions. Veterinaria i kormlenie. 2023;1:39-41. (*In Russ.*)]. doi: 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2023-1-9

11. Мифтахутдинов А.В. Экспериментальные подходы к диагностике стрессов в птицеводстве (обзор) // Сельскохозяйственная биология. 2014. Т. 49. № 2. С. 20-30. [Miftakhutdinov AV. Experimental approaches to stress diagnostics in poultry (review). Sel'skokhozyaistvennaya biologiya [Agricultural Biology]. 2014;49(2):20-30. (*In Russ.*)].

12. Новое к механизму развития стресса и адаптационных реакций / А.С. Зенкин, А.И. Свин, Н.Ю. Калязина, Д.В. Волкин, Д.А. Палаткин // Материалы XXII науч.-практ. конф. молодых ученых, аспирантов и студентов Национального исследовательского Мордовского государственного

го университета им. Н.П. Огарёва: в 3-х ч. [Электронный ресурс] / сост. А.В. Столяров; отв. за вып. П.В. Сенин. Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2019. С. 52-57. [Zenkin AS, Svitin AI, Kalyazina NYu, Volkin DV, Palatkin DA. Novoe k mehanizmu razvitiya stressa i adaptacionnyh reakcij (Conference proceedings) Materialy XXII nauch.-prakt. konf. molodyh uchenyh, aspirantov i studentov Nacional'nogo issledovatel'skogo Mordovskogo gosudarstvennogo universiteta im. N.P. Ogarjova: v 3 ch. [Elektronnyj resurs] sost. A.V. Stolj-arov; отв. за вып. P. V. Senin. Saransk : Izd-vo Mordov. un-ta; 2019:52-57. (In Russ.)].

13. Роль стресс-факторов в промышленном животноводстве / Д.О. Шевченко, Ю.М. Гвоздева, Ю.А. Тузова, И.А. Лещенко, Л.А. Лещенко // Лучшая студенческая статья 2022: сб. ст. III Междунар. учеб.-исслед. конкурса (19 октября 2022 г.). Петрозаводск: МЦНП «Новая Наука», 2022. С. 146-150. [Shevchenko DO, Gvozdeva YuM, Tuzova JuA, Leshchenko IA, Leshchenko LA. The role of stressfactors in industrialanimalhus bandry. Luchshaya studencheskaya statya 2022: sb. st. III Mezhdunarodnogo uchebno-issledovatel'skogo konkursa (19 oktjabrja 2022 g.). Petrozavodsk: MCNP «Novaya Nauka»; 2022:146-150. (In Russ.)].

14. Чирихина В.А. Неспецифическая резистентность коров джерсейской породы в условиях Рязанской области // Современная наука: актуальные вопросы, достижения и инновации: сб. ст. XIX Междунар. науч.-практ. конф. В 2 ч. Пенза: МЦНС "Наука и Просвещение", 2021. Ч. 1. С. 185-189. [Chirikhina VA. Nonspecific resistance of jersey cowsin the Ryazan region. (Conference proceedings) Sovremennaya nauka: aktualnye voprosy, dostizheniya i innovacii: sb.st. XIX Mezhdunar.nauch.-prakt. konf. V 2 ch. Penza: MCNP «Nauka i Prosveshhenie»; 2021;1:185-189. (In Russ.)].

15. Abdelrahman RE, Khalaf AAA, Elhady MA, Ibrahim MA, Hassanen EI, Noshay PA. Quercetin ameliorates ochratoxin A-Induced immunotoxicity in broiler chickens by modulation of PI3K/AKT pathway. *Chemico-Biological Interactions*. 2022;351:109720. doi: 10.1016/j.cbi.2021.109720

16. Aggarwal A, Upadhyay R. Heat stress and animal productivity. India: Springer; 2013:188p. doi: 10.1007/978-81-322-0879-2

17. Aguilera G. Factors controlling steroid biosynthesis in the zona glomerulosa of the adrenal. *The Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology*. 1993;45(1-3):147-151. doi: 10.1016/0960-0760(93)90134-I

18. Al-Waeli A, Zoidis E, Pappas A, Demiris N, Zervas G, Fegeros K. The role of organic selenium in cadmium toxicity: effects on broiler performance and health status. *Animal*. 2013;7(3):386-393. doi: 10.1017/S1751731112001590

19. Asres A, Amha N. Effect of stress on animal health: a review. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*. 2014;4(27):116-121.

20. Atrian P, Shahryar HA. Heat stress in dairy cows (a review). *Research in Zoology*. 2012;2(5):31-37. doi: 10.5923/j.zoology.20120204.03

21. Bankir L, Bichet DG, Morgenthaler NG. Vasopressin: physiology, assessment and osmosensation. *Journal of Internal Medicine*. 2017;282(4):284-297. doi: 10.1111/joim.12645

22. Basirico L, Bernabucci U, Morera P, Lacetera N, Nardone A. Gene expression and protein secretion of apolipoprotein B100 (ApoB100) in transition dairy cows under hot or thermoneutral environments. *Italian Journal of Animal Science*. 2009;8(sup2):492-594. doi: 10.4081/ijas.2009.s2.592

23. Bernabucci U, Lacetera N, Baumgard LH, Rhoads RP, Ronchi B, Nardone A. Metabolic and hormonal acclimation to heat stress in domesticated ruminants. *Animal*. 2010;4(7):1167-1183. doi: 10.1017/S175173111000090X

24. Bernabucci U, Ronchi B, Lacetera N, Nardone A. Markers of oxidative status in plasma and erythrocytes of transition dairy cows during hot season. *Journal of Dairy Science*. 2002;85(9):2173-2179. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(02)74296-3

25. Bhoj S, Dhattarwal P, Harini KR, Thakur R, Bhardwaj S, Tarafdar A, Pandey HO, Gaur GK, Singh M. Mechanization of livestock farms. In: *Engineering Applications in Livestock Production*. Academic Press;2024:207-242. doi: 10.1016/B978-0-323-98385-3.00007-4

26. Biran J, Tahor M, Wircer E, Levkowitz G. Role of developmental factors in hypothalamic function. *Frontiers in Neuroanatomy*. 2015;9:47. doi: 10.3389/fnana.2015.00047

27. Bogolyubova NV, Chabaev MG, Fomichev YP, Tsis EY, Semenova AA, Nekrasov RV. Ways to reduce adverse effects of stress in pigs using nutritional factors. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2019;9(2):239-245.
28. Bouraoui R, Lahmar M, Majdoub A, Belyea R. The relationship of temperature-humidity index with milk production of dairy cows in a Mediterranean climate. *Animal Research*. 2002;51(6):479-491. doi: 10.1051/animres:2002036
29. Broom DM, Johnson KG. Stress and welfare: history and usage of concepts. In: *Stress and Animal Welfare*. Animal Welfare. Springer, Cham;2019:71-97. doi: 10.1007/978-3-030-32153-6_4
30. Chand D, Lovejoy DA. Stress and reproduction: controversies and challenges. *General and Comparative Endocrinology*. 2011;171(3):253-257. doi: 10.1016/j.ygcen.2011.02.022
31. Chauhan SS, Celi P, Fahri FT, Leury BJ, Dunshea FR. Dietary antioxidants at supranutritional doses modulate skeletal muscle heat shock protein and inflammatory gene expression in sheep exposed to heat stress. *Journal of Animal Science*. 2014;92(11):4897-4908. doi: 10.2527/jas.2014-8047
32. Chauhan SS, Ponnampalam EN, Celi P, Hopkins DL, Leury BJ, Dunshea FR. High dietary vitamin E and selenium improves feed intake and weight gain of finisher lambs and maintains redox homeostasis under hot conditions. *Small Ruminant Research*. 2016;137:17-23. doi: 10.1016/j.smallrumres.2016.02.011
33. Chauhan SS, Rashamol VP, Bagath M, Sejian V, Dunshea FR. Impacts of heat stress on immune responses and oxidative stress in farm animals and nutritional strategies for amelioration. *International Journal of Biometeorology*. 2021;65:1231-1244. doi: 10.1007/s00484-021-02083-3
34. Chrousos GP. The role of stress and the hypothalamic–pituitary–adrenal axis in the pathogenesis of the metabolic syndrome: neuro-endocrine and target tissue-related causes. *International Journal of Obesity*. 2000;24(S2):S50-S55.
35. de Waal FB, Andrews K. The question of animal emotions. *Science*. 2022;375(6587):1351-1352. doi: 10.1126/science.abo2378
36. Elenkov IJ, Chrousos GP. Stress system–organization, physiology and immunoregulation. *Neuroimmunomodulation*. 2007;13(5-6):257-267. doi: 10.1159/000104853
37. Fisher M. *Animal welfare science, husbandry and ethics: the evolving story of our relationship with farm animals*. Sheffield, UK:5m Books Ltd; 2018: 290p.
38. Funder JW. Minireview: aldosterone and mineralocorticoid receptors: past, present, and future. *Endocrinology*. 2010;151(11):5098-5102. doi: 10.1210/en.2010-0465
39. Gaafar HMA, Gendy ME, Bassiouni MI, Shamiah SM, Halawa AA, Hamd MA. Effect of heat stress on performance of dairy Friesian cow's milk production and composition. *Researcher*. 2011;3(5):85-93.
40. Goldstein DS, Kopin IJ. Evolution of concepts of stress. *Stress*. 2007;10(2):109-120. doi: 10.1080/10253890701288935
41. Hall MB. Heat stress alters ruminal fermentation and digesta characteristics and behaviour in lactating dairy cattle. In: Chilliard Y, Glasser F, Faulconnier Y, Bocquier F, Veissier I, Doreau M, editors. *Proceeding of 11th International Symposium on Ruminant Physiology*. Wageningen, The Netherlands: Wageningen Academic Publication; 2009:204-205. doi: 10.3920/9789086866830_091
42. Hameed MR, Khan MZ, Saleemi MK, Khan A, Akhtar M, Hassan Z-ul-, Hussain Z. Study of ochratoxin A (OTA)-induced oxidative stress markers in broiler chicks. *Toxin Reviews*. 2017;36(4):270-274. doi: 10.1080/15569543.2017.1303780
43. Hamzaoui S, Salama AAK, Caja G, Albanell E, Flores C, Such X. Milk production losses in early lactating dairy goats under heat stress. *The Journal of Dairy Science*. 2012;95(2):672-673.
44. Hartung J. Effects of transport on health of farm animals. *Veterinary Research Communications*. 2003;27(S1):525-527. doi: 10.1023/B:VERC.0000014212.81294.78
45. Hooda OK, Singh G. Effect of thermal stress on feed intake, plasma enzymes and blood biochemicals in buffalo heifers. *Indian Journal of Animal Nutrition*. 2010;27(2):122-127.

46. Jackson M. Evaluating the role of Hans Selye in the modern history of stress. In: Cantor D, Ramsden E, editors. *Stress, shock, and adaptation in the twentieth century*. NY: University of Rochester Press; 2014:1.
47. Joksimović-Todorović M, Davidović V, Hristov S, Stanković B. Effect of heat stress on milk production in dairy cows. *Biotechnology in Animal Husbandry*. 2011;27(3):1017-1023. doi: 10.2298/BAH1103017J
48. Joy A, Dunshea FR, Leury BJ, Clarke IJ, DiGiacomo K, Chauhan SS. Resilience of small ruminants to climate change and increased environmental temperature: A review. *Animals*. 2020;10(5):867. doi: 10.3390/ani10050867
49. Kadzere CT, Murphy MR, Silanikove N, Maltz E. Heat stress in lactating dairy cows: a review. *Livestock production science*. 2002;77(1):59-91. doi: 10.1016/S0301-6226(01)00330-X
50. Kikusato M. Phytobiotics to improve health and production of broiler chickens: functions beyond the antioxidant activity. *Animal Bioscience*. 2021;34(3):345-353. doi: 10.5713/2020.0842
51. Knowles TG, Brown SN, Edwards JE, Phillips AJ, Warriss PD. Effect on young calves of a one-hour feeding stop during a 19-hour road journey. *Veterinary Record*. 1999;144(25):687-692. doi: 10.1136/vr.144.25.687
52. Koch RE, Hill GE. An assessment of techniques to manipulate oxidative stress in animals. *Functional Ecology*. 2016;31(1):9-21. doi: 10.1111/1365-2435.12664
53. Kumar B, Manuja A, Aich P. Stress and its impact on farm animals. *Frontiers in Bioscience-Elite*. 2012;4(5):1759-1767. doi: 10.2741/e496
54. Kyrou I, Tsigos C. Stress mechanisms and metabolic complications. *Hormone and Metabolic Research*. 2007;39(06):430-438. doi: 10.1055/s-2007-981462
55. Lacetera N. Impact of climate change on animal health and welfare. *Animal Frontiers*. 2019;9(1):26-31. doi: 10.1093/af/vfy030
56. Lamy E, Van Harten S, Sales-Baptista E, Guerra MMM, De Almeida AM. Factors influencing livestock productivity. In: Sejian V, Naqvi S, Ezeji T, Lakritz J, Lal R, editors. *Environmental stress and amelioration in livestock production*. Berlin, Heidelberg: Springer; 2012:19-51. doi: 10.1007/978-3-642-29205-7_2
57. Li J-L, Jiang C-Y, Li S, Xu S-W. Cadmium induced hepatotoxicity in chickens (*Gallus domesticus*) and ameliorative effect by selenium. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2013;96:103-109. doi: 10.1016/j.ecoenv.2013.07.007
58. Linn J, Raeth-Knight M, Larson R. Managing heat stressed lactating dairy cows. *Hubbard Feeds Inc*. 2004;26:9-10.
59. Liu F, Cottrell JJ, Furness JB, Rivera LR, Kelly FW, Wijesiriwardana U, Pustovit RV, Fothergill LJ, Bravo DM, Celi P, Leury BJ, Gabler NK, Dunshea FR. Selenium and vitamin E together improve intestinal epithelial barrier function and alleviate oxidative stress in heat-stressed pigs. *Experimental Physiology*. 2016;101(7):801-810. doi: 10.1113/EP085746
60. Lynch EM, Earley B, McGee M, Doyle S. Characterisation of physiological and immunological responses in beef cows to abrupt weaning and subsequent housing. *BMC Veterinary Research*. 2010;6:37. doi: 10.1186/1746-6148-6-37
61. Majzoub JA. Corticotropin-releasing hormone physiology. *European Journal of Endocrinology*. 2006;155(S1):S71-S76. doi: 10.1530/eje.1.02247
62. Mazur-Kusnierek M, Antoszkiewicz Z, Lipinski K, Kaliniewicz J, Kotlarczyk S, Zukowski P. The effect of polyphenols and vitamin E on the antioxidant status and meat quality of broiler chickens exposed to high temperature. *Archives of Animal Nutrition*. 2019;73(2):111-126. doi: 10.1080/1745039X.2019.1572342
63. McDowell LR. *Vitamins in animal nutrition: comparative aspects to human nutrition*. Academic Press, Inc.; 1989:486 p.

64. McLamb BL, Gibson AJ, Overman EL, Stahl C, Moeser AJ. Early weaning stress in pigs impairs innate mucosal immune responses to enterotoxigenic *E. coli* challenge and exacerbates intestinal injury and clinical disease. *PLoS One*. 2013; 8(4):e59838. doi: 10.1371/journal.pone.0059835
65. Medland JE, Pohl CS, Edwards LL, Frandsen S, Bagley K, Li Y, Moeser AJ. Early life adversity in piglets induces long-term upregulation of the enteric cholinergic nervous system and heightened, sex-specific secretomotor neuron responses. *Neurogastroenterology & Motility*. 2016;28(9):1317-1329. doi: 10.1111/nmo.12828
66. Mignon-Grasteau S, Boissy A, Bouix J, Faure JM, Fisher AD, Hinch GN., Jensen P, Neindre PL, Mormède P, Prunet P, Vandeputte M, Beaumont C. Genetics of adaptation and domestication in livestock. *Livestock Production Science*. 2005;93(1):3-14. doi: 10.1016/j.livprodsci.2004.11.001
67. Minka NS, Ayo JO, Sackey AKB, Adelaiye AB. Assessment and scoring of stresses imposed on goats during handling, loading, road transportation and unloading, and the effect of pretreatment with ascorbic acid. *Livestock Science*. 2009;125(2-3):275-282. doi: 10.1016/j.livsci.2009.05.006
68. Moeser AJ, Pohl CS, Rajput M. Weaning stress and gastrointestinal barrier development: Implications for lifelong gut health in pigs. *Animal Nutrition*. 2017;3(4):313-321. doi: 10.1016/j.aninu.2017.06.003
69. Morley JE, Elson MK, Levine AS, Shafer RB. The effects of stress on central nervous system concentrations of the opioid peptide, dynorphin. *Peptides*. 1982;3(6):901-906. doi: 10.1016/0196-9781(82)90058-4
70. Mujahid A, Yoshiki Y, Akiba Y, Toyomizu M. Superoxide radical production in chicken skeletal muscle induced by acute heat stress. *Poultry Science*. 2005;84(2):307-314. doi: 10.1093/ps/84.2.307
71. Munck A, Guyre PM, Holbrook NJ. Physiological functions of glucocorticoids in stress and their relation to pharmacological actions. *Endocrine Reviews*. 1984;5(1):25-44. doi: 10.1210/edrv-5-1-25
72. Nader N, Chrousos GP, Kino T. Interactions of the circadian CLOCK system and the HPA axis. *Trends in Endocrinology & Metabolism*. 2010;21(5):277-286. doi: 10.1016/j.tem.2009.12.011
73. Nardone A, Ronchi B, Lacetera N, Bernabucci U. Climatic effects on productive traits in livestock. *Veterinary Research Communications*. 2006;30:75-81. doi: 10.1007/s11259-006-0016-x
74. Nonaka I, Takusari N, Tajima K, Suzuki T, Higuchi K, Kurihara M. Effects of high environmental temperatures on physiological and nutritional status of prepubertal Holstein heifers. *Livestock Science*. 2008;113(1):14-23. doi: 10.1016/j.livsci.2007.02.010
75. Nostrand SD, Galton DM, Erb HN, Bauman DE. Effects of daily exogenous oxytocin on lactation milk yield and composition. *Journal of Dairy Science*. 1991;74(7):2119-2127. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(91)78384-7
76. Ouali A, Herrera-Mendez CH, Coulis G, Becila S, Boudjellal A, Aubry L, Sentandreu MA. Revisiting the conversion of muscle into meat and the underlying mechanisms. *Meat Science*. 2006;74(1):44-58. doi: 10.1016/j.meatsci.2006.05.010
77. Pruett SB. Stress and the immune system. *Pathophysiology*. 2003;9(3):133-153. doi: 10.1016/S0928-4680(03)00003-8
78. Reed RG, Raison CL. Stress and the immune system. In: Esser C, editor. *Environmental influences on the immune system*. Vienna: Springer;2016:97-126. doi: 10.1007/978-3-7091-1890-0_5
79. Renaudeau D, Collin A, Yahav S, De Bascilio V, Gourdière JL, Collier RJ. Adaptation to hot climate and strategies to alleviate heat stress in livestock production. *Animal*. 2012;6(5):707-728. doi: 10.1017/S1751731111002448
80. Rhoads ML, Rhoads RP, VanBaale MJ, Collier RJ, Sanders SR, Weber WJ, Crooker BA, Baumgard LH. Effects of heat stress and plane of nutrition on lactating Holstein cows: I. Production, metabolism, and aspects of circulating somatotropin. *Journal of Dairy Science*. 2009;92(5):1986-1997.
81. Rhoads RP, Baumgard LH, Suagee JK, Sanders SR. Nutritional interventions to alleviate the negative consequences of heat stress. *Advances in Nutrition*. 2013;4(3):267-276. doi: 10.3945/an.112.003376

82. Ritter MJ, Ellis M, Bowman R, Brinkmann J, Curtis SE, DeDecker JM, Mendoza O, Murphy CM, Orellana DG, Peterson BA, Rojo A, Schlipf JM, Wolter BF. Effects of season and distance moved during loading on transport losses of market-weight pigs in two commercially available types of trailers. *Journal of Animal Science*. 2008;86(11):3137-3145. doi: 10.2527/jas.2008-0873
83. Rust RL, Thomson DU, Loneragan GH, Apley MD, Swanson JC. Effect of different castration methods on growth performance and behavior responses of postpubertal beef bulls. *The Bovine Practitioner*. 2007;41(2):111-119. doi: 10.21423/bovine-vol41no2p111-119
84. Shaikh ZA, Vu TT, Zaman K. Oxidative stress as a mechanism of chronic cadmium-induced hepatotoxicity and renal toxicity and protection by antioxidants. *Toxicology and Applied Pharmacology*. 1999;154(3):256-263. doi: 10.1006/taap.1998.8586
85. Shakeri M, Cottrell JJ, Wilkinson S, Le HH, Suleria HA, Warner RD, Dunshea FR. Growth performance and characterization of meat quality of broiler chickens supplemented with betaine and antioxidants under cyclic heat stress. *Antioxidants*. 2019;8(9):336. doi: 10.3390/antiox8090336
86. Shakeri M, Cottrell JJ, Wilkinson S, Zhao W, Le HH, McQuade R, Furness JB, Dunshea FR. Dietary betaine improves intestinal barrier function and ameliorates the impact of heat stress in multiple vital organs as measured by Evans blue dye in broiler chickens. *Animals*. 2020;10(1):38. doi: 10.3390/ani10010038
87. Smith F, Clark JE, Overman BL, Tozel CC, Huang JH, Rivier JE, Blisklager AT, Moeser, AJ. Early weaning stress impairs development of mucosal barrier function in the porcine intestine. *American Journal of Physiology-Gastrointestinal and Liver Physiology*. 2010;298(3):G352-G363. doi: 10.1152/ajpgi.00081.2009
88. Sneddon LU, Wolfenden DC, Thomson JS. Stress management and welfare. *Fish Physiology*. 2016;35:463-539. doi: 10.1016/B978-0-12-802728-8.00012-6
89. Sophia I, Sejian V, Bagath M, Bhatta R. Quantitative expression of hepatic toll-like receptors 1-10 mRNA in Osmanabadi goats during different climatic stresses. *Small Ruminant Research*. 2016;141:11-16. doi: 10.1016/j.smallrumres.2016.06.005
90. Sordillo LM, Aitken SL. Impact of oxidative stress on the health and immune function of dairy cattle. *Veterinary Immunology and Immunopathology*. 2009;128(1-3):104-109. doi: 10.1016/j.vetimm.2008.10.305
91. Soriani N, Panella G, Calamari L. Rumination time during the summer season and its relationships with metabolic conditions and milk production. *Journal of Dairy Science*. 2013;96(8):5082-5094. doi: 10.3168/jds.2013-6620
92. Sorrenti V, Di Giacomo C, Acquaviva R, Barbagallo I, Bognanno M, Galvano F. Toxicity of ochratoxin A and its modulation by antioxidants: A review. *Toxins*. 2013;5(10):1742-1766. doi: 10.3390/toxins5101742
93. Spiers DE, Spain JN, Sampson JD, Rhoads RP. Use of physiological parameters to predict milk yield and feed intake in heat-stressed dairy cows. *Journal of Thermal Biology*. 2004;29(7-8):759-764. doi: 10.1016/j.jtherbio.2004.08.051
94. St-Pierre NR, Cobanov B, Schnitkey G. Economic losses from heat stress by US livestock industries. *Journal of Dairy Science*. 2003;86(S):E52-E77. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(03)74040-5
95. Stull CL. Responses of horses to trailer design, duration, and floor area during commercial transportation to slaughter. *Journal of Animal Science*. 1999;77(11):2925-2933. doi: 10.2527/1999.77112925x
96. Stull CL. Stress and dairy calves. Davis: University of California, 1997: 5 p.
97. Surai PF, Fisinin VI. The modern anti-stress technologies in poultry: from antioxidants to vitagenes. *Agricultural Biology*. 2012;4:3-13. doi: 10.15389/agrobiol.2012.4.3eng
98. Tarrant P. The effects of handling, transport, slaughter and chilling on meat quality and yield in pigs: A review. *Irish Journal of Food Science and Technology*. 1989;13(2):79-107.
99. Tong C, Li P, Yu LH, Li L, Li K, Chen Y, Yang S-H, Long M. Selenium-rich yeast attenuates ochratoxin A-induced small intestinal injury in broiler chickens by activating

the Nrf2 pathway and inhibiting NF-KB activation. *Journal of Functional Foods*. 2020;66:103784. doi: 10.1016/j.jff.2020.103784

100. Tsigos C, Kyrou I, Kassi E, Chrousos GP. Stress: endocrine physiology and pathophysiology. In: Feingold KR, Anawalt B, Blackman MR, et al., editors. *Endotext* [Internet]. South Dartmouth (MA): MDText.com, Inc.; 2020.

101. Upadhyay RC, Ashutosh RV, Singh SV, Aggarwal P. Impact of climate change on reproductive functions of cattle and buffaloes. In: Aggarwal PK, editor. *Global climate change and Indian Agriculture*. New Delhi: ICAR; 2009:107-110.

102. Vandana GD, Bagath M, Sejian V, Krishnan G, Beena V, Bhatta R. Summer season induced heat stress impact on the expression patterns of different toll-like receptor genes in Malabari goats. *Biological Rhythm Research*. 2019;50(3):466-482. doi: 10.1080/09291016.2018.1464638

103. West JW. Effects of heat-stress on production in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. 2003;86(6):2131-2144. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(03)73803-X

104. West JW. Nutritional strategies for managing the heat-stressed dairy cow. *Journal of Animal Science*. 1999;77(S2):21-35. doi: 10.2527/1997.77suppl_221x

105. Wheelock JB, Rhoads RP, VanBaale MJ, Sanders SR, Baumgard LH. Effects of heat stress on energetic metabolism in lactating Holstein cows. *Journal of Dairy Science*. 2010;93(2):644-655. doi: 10.3168/jds.2009-2295

106. Wolfenson D. Impact of heat stress on production and fertility of dairy cattle. *Proceedings of the 18th Annual Tri-State Dairy Nutrition Conference*. IN, USA: Fort Wayne; 2009:55-59.

107. Xing T, Zhao X, Wang P, Chen H, Xu X, Zhou G. Different oxidative status and expression of calcium channel components in stress-induced dysfunctional chicken muscle. *Journal of Animal Science*. 2017;95(4):1565-1573. doi: 10.2527/jas.2016.0868

108. Xu F, Liu S, Li S. Effects of selenium and cadmium on changes in the gene expression of immune cytokines in chicken splenic lymphocytes. *Biological Trace Element Research*. 2015;165:214-221. doi: 10.1007/s12011-015-0254-2

109. Yang HP, Wang L, Han L, Wang SC. Nonsocial functions of hypothalamic oxytocin. *International Scholarly Research Notices*. 2013;2013(1): 179272. doi: 10.1155/2013/179272

110. Yumatov EA. Emotional stress: the dialectics of nature. *Neuroscience and Medicine*. 2020;11(01):20-28. doi: 10.4236/nm.2020.111003

111. Zhao W, Liu W, Chen X, Zhu Y, Zhang Z, Yao H, Xu S. Four endoplasmic reticulum resident selenoproteins may be related to the protection of selenium against cadmium toxicity in chicken lymphocytes. *Biological Trace Element Research*. 2014;161:328-333. doi: 10.1007/s12011-014-0135-0

112. Zulkifli I. Review of human-animal interactions and their impact on animal productivity and welfare. *Journal of Animal Science and Biotechnology*. 2013;4:25. doi: 10.1186/2049-1891-4-25

References

1. Bogolyubova NV, Nekrasov RV, Zelenchenkova AA. Antioxidant status and quality of poultry and animal meat under stress and its correction with the use of various adaptogens (review). *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya [Agricultural Biology]*. 2022;57(4):628-663. doi: 10.15389/agrobiology.2022.4.628eng

2. Vinnikova SV. Change of membrane digestion in the small intestine during stress. *Journal of Ural Medical Academic Science*. 2014;3(49):184-185.

3. Azhmuldinov EA, Kizaev MA, Titov MG, Babicheva IA. Influence of various stress factors on the organism of farm animals (review). *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2018;101(2):79-89.

4. Shakhov AG, Sashnina LYu, Vladimirova YuYu, Adodina MI, Tarakanova KV. The effect of a technological stress on the state of cellular immunity and cytokine profile in piglets. *Legal Regulation in Veterinary Medicine*. 2020;3:197-202. doi: 10.17238/issn2072-6023.2020.3.197

5. Galochkin VA, Galochkina VP, Ostrenko KS. Development of theoretical bases and creation of antistressful preparations of new generation for live-stock farming. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya [Agricultural Biology]*. 2009;44(2):43-54.
6. Gevorkyan VS, Gevorkyan IS. Modern studies of different stressors effects on rats and mice. *Electronic Scientific Edition Almanac Space and Time*. 2017;15(1):9.
7. Gorodeczkaya IV, Gusakova EA. Vertical motor activity of animals with altered thyroid status in different stages of stress-response. (Conference proceedings) *Fundamental and applied problems of stress: Proceedings of III Intern. Scientific and practical conference, (Vitebsk, April 16-17, 2013)*. Vitebsk: Vitebsk State University named after P.M. Masherov; 2013:251-253.
8. Ibishov JaFO, Ponosov SV. The effect of stress in cattle on immunity. *Actual Questions of Veterinary Biology*. 2022;1(53):10-12. doi: 10.24412/2074-5036-2022-1-10-13
9. Kovalchikova M, Kovalchik K. *Adaptation and stress while farm animals keeping and breeding*. Moscow: Kolos; 1978: 271p.
10. Koryakina LP, Grigorieva NN, Sleptsov ES. Physiological status and genetic abnormalities of imported cattle in extreme arctic zone conditions. *Veterinary Medicine and Feeding*. 2023;1:39-41. doi: 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2023-1-9
11. Miftakhutdinov AV. Experimental approaches to stress diagnostics in poultry (review). *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya [Agricultural Biology]*. 2014;49(2):20-30.
12. Zenkin AS, Svitin AI, Kalyazina NYu, Volkin DV, Palatkin DA. New to the mechanism of stress development and adaptation reactions (Conference proceedings) *Proceedings of the XXII Scientific and Practical Conf. of Young Scientists, Postgraduates and Students of the National Research Mordovian State University named after N.P. Ogaryov: in 3 vol. [Electronic resource] co-edited by A.V. Stolyarov. A.V. Stolyarov; responsible for the ed. by P.V. Senin. Saransk: Publishing House of Mordov. University; 2019:52-57.*
13. Shevchenko DO, Gvozdeva YuM, Tuzova JuA, Leshchenko IA, Leshchenko LA. Thero-leof stress factors in industrial animal husbandry. *Collection of articles of the III International Research Contest (19 October 2022)*. Petrozavodsk: MCNP «Novaya Nauka»; 2022:146-150.
14. Chirikhina VA. Non specific resistance of jersey cows in the Ryazan region (Conference proceedings) *Modern science: topical issues, achievements and innovations: collection of articles of XIX Intern. scientific-practical conf. In 2 volumes. Vol. 1. Penza: MCNP «Nauka i Prosveshhenie»; 2021:185-189.*
15. Abdelrahman RE, Khalaf AAA, Elhady MA, Ibrahim MA, Hassanen EI, Noshay PA. Quercetin ameliorates ochratoxin A-Induced immunotoxicity in broiler chickens by modulation of PI3K/AKT pathway. *Chemico-Biological Interactions*. 2022;351:109720. doi: 10.1016/j.cbi.2021.109720
16. Aggarwal A, Upadhyay R. *Heat stress and animal productivity*. India: Springer; 2013:188p. doi: 10.1007/978-81-322-0879-2
17. Aguilera G. Factors controlling steroid biosynthesis in the zona glomerulosa of the adrenal. *The Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology*. 1993;45(1-3):147-151. doi: 10.1016/0960-0760(93)90134-I
18. Al-Waeli A, Zoidis E, Pappas A, Demiris N, Zervas G, Fegeros K. The role of organic selenium in cadmium toxicity: effects on broiler performance and health status. *Animal*. 2013;7(3):386-393. doi: 10.1017/S1751731112001590
19. Asres A, Amha N. Effect of stress on animal health: a review. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*. 2014;4(27):116-121.
20. Atrian P, Shahryar HA. Heat stress in dairy cows (a review). *Research in Zoology*. 2012;2(5):31-37. doi: 10.5923/j.zoology.20120204.03
21. Bankir L, Bichet DG, Morgenthaler NG. Vasopressin: physiology, assessment and osmosensation. *Journal of Internal Medicine*. 2017;282(4):284-297. doi: 10.1111/joim.12645

22. Basirico L, Bernabucci U, Morera P, Lacetera N, Nardone A. Gene expression and protein secretion of apolipoprotein B100 (ApoB100) in transition dairy cows under hot or thermoneutral environments. *Italian Journal of Animal Science*. 2009;8(sup2):492-594. doi: 10.4081/ijas.2009.s2.592
23. Bernabucci U, Lacetera N, Baumgard LH, Rhoads RP, Ronchi B, Nardone A. Metabolic and hormonal acclimation to heat stress in domesticated ruminants. *Animal*. 2010;4(7):1167-1183. doi: 10.1017/S175173111000090X
24. Bernabucci U, Ronchi B, Lacetera N, Nardone A. Markers of oxidative status in plasma and erythrocytes of transition dairy cows during hot season. *Journal of Dairy Science*. 2002;85(9):2173-2179. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(02)74296-3
25. Bhoj S, Dhatarwal P, Harini KR, Thakur R, Bhardwaj S, Tarafdar A, Pandey HO, Gaur GK, Singh M. Mechanization of livestock farms. In: *Engineering Applications in Livestock Production*. Academic Press;2024:207-242. doi: 10.1016/B978-0-323-98385-3.00007-4
26. Biran J, Tahor M, Wircer E, Levkowitz G. Role of developmental factors in hypothalamic function. *Frontiers in Neuroanatomy*. 2015;9:47. doi: 10.3389/fnana.2015.00047
27. Bogolyubova NV, Chabaev MG, Fomichev YP, Tsis EY, Semenova AA, Nekrasov RV. Ways to reduce adverse effects of stress in pigs using nutritional factors. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2019;9(2):239-245.
28. Bouraoui R, Lahmar M, Majdoub A, Belyea R. The relationship of temperature-humidity index with milk production of dairy cows in a Mediterranean climate. *Animal Research*. 2002;51(6):479-491. doi: 10.1051/animres:2002036
29. Broom DM, Johnson KG. Stress and welfare: history and usage of concepts. In: *Stress and Animal Welfare*. Animal Welfare. Springer, Cham;2019:71-97. doi: 10.1007/978-3-030-32153-6_4
30. Chand D, Lovejoy DA. Stress and reproduction: controversies and challenges. *General and Comparative Endocrinology*. 2011;171(3):253-257. doi: 10.1016/j.ygcen.2011.02.022
31. Chauhan SS, Celi P, Fahri FT, Leury BJ, Dunshea FR. Dietary antioxidants at supranutritional doses modulate skeletal muscle heat shock protein and inflammatory gene expression in sheep exposed to heat stress. *Journal of Animal Science*. 2014;92(11):4897-4908. doi: 10.2527/jas.2014-8047
32. Chauhan SS, Ponnampalam EN, Celi P, Hopkins DL, Leury BJ, Dunshea FR. High dietary vitamin E and selenium improves feed intake and weight gain of finisher lambs and maintains redox homeostasis under hot conditions. *Small Ruminant Research*. 2016;137:17-23. doi: 10.1016/j.smallrumres.2016.02.011
33. Chauhan SS, Rashamol VP, Bagath M, Sejian V, Dunshea FR. Impacts of heat stress on immune responses and oxidative stress in farm animals and nutritional strategies for amelioration. *International Journal of Biometeorology*. 2021;65:1231-1244. doi: 10.1007/s00484-021-02083-3
34. Chrousos GP. The role of stress and the hypothalamic–pituitary–adrenal axis in the pathogenesis of the metabolic syndrome: neuro-endocrine and target tissue-related causes. *International Journal of Obesity*. 2000;24(S2):S50-S55.
35. de Waal FB, Andrews K. The question of animal emotions. *Science*. 2022;375(6587):1351-1352. doi: 10.1126/science.abo2378
36. Elenkov IJ, Chrousos GP. Stress system–organization, physiology and immunoregulation. *Neuroimmunomodulation*. 2007;13(5-6):257-267. doi: 10.1159/000104853
37. Fisher M. *Animal welfare science, husbandry and ethics: the evolving story of our relationship with farm animals*. Sheffield, UK:5m Books Ltd; 2018: 290p.
38. Funder JW. Minireview: aldosterone and mineralocorticoid receptors: past, present, and future. *Endocrinology*. 2010;151(11):5098-5102. doi: 10.1210/en.2010-0465
39. Gaafar HMA, Gendy ME, Bassiouni MI, Shamiah SM, Halawa AA, Hamd MA. Effect of heat stress on performance of dairy Friesian cow's milk production and composition. *Researcher*. 2011;3(5):85-93.
40. Goldstein DS, Kopin IJ. Evolution of concepts of stress. *Stress*. 2007;10(2):109-120. doi: 10.1080/10253890701288935

41. Hall MB. Heat stress alters ruminal fermentation and digesta characteristics and behaviour in lactating dairy cattle. In: Chilliard Y, Glasser F, Faulconnier Y, Bocquier F, Veissier I, Doreau M, editors. *Proceeding of 11th International Symposium on Ruminant Physiology*. Wageningen, The Netherlands: Wageningen Academic Publication; 2009:204-205. doi: 10.3920/9789086866830_091
42. Hameed MR, Khan MZ, Saleemi MK, Khan A, Akhtar M, Hassan Z-ul-, Hussain Z. Study of ochratoxin A (OTA)-induced oxidative stress markers in broiler chicks. *Toxin Reviews*. 2017;36(4):270-274. doi: 10.1080/15569543.2017.1303780
43. Hamzaoui S, Salama AAK, Caja G, Albanell E, Flores C, Such X. Milk production losses in early lactating dairy goats under heat stress. *The Journal of Dairy Science*. 2012;95(2):672-673.
44. Hartung J. Effects of transport on health of farm animals. *Veterinary Research Communications*. 2003;27(S1):525-527. doi: 10.1023/B:VERC.0000014212.81294.78
45. Hooda OK, Singh G. Effect of thermal stress on feed intake, plasma enzymes and blood biochemicals in buffalo heifers. *Indian Journal of Animal Nutrition*. 2010;27(2):122-127.
46. Jackson M. Evaluating the role of Hans Selye in the modern history of stress. In: Cantor D, Ramsden E, editors. *Stress, shock, and adaptation in the twentieth century*. NY: University of Rochester Press; 2014:1.
47. Joksimović-Todorović M, Davidović V, Hristov S, Stanković B. Effect of heat stress on milk production in dairy cows. *Biotechnology in Animal Husbandry*. 2011;27(3):1017-1023. doi: 10.2298/BAH1103017J
48. Joy A, Dunshea FR, Leury BJ, Clarke IJ, DiGiacomo K, Chauhan SS. Resilience of small ruminants to climate change and increased environmental temperature: A review. *Animals*. 2020;10(5):867. doi: 10.3390/ani10050867
49. Kadzere CT, Murphy MR, Silanikove N, Maltz E. Heat stress in lactating dairy cows: a review. *Livestock production science*. 2002;77(1):59-91. doi: 10.1016/S0301-6226(01)00330-X
50. Kikusato M. Phytobiotics to improve health and production of broiler chickens: functions beyond the antioxidant activity. *Animal Bioscience*. 2021;34(3):345-353. doi: 10.5713%2Fab.20.0842
51. Knowles TG, Brown SN, Edwards JE, Phillips AJ, Warriss PD. Effect on young calves of a one-hour feeding stop during a 19-hour road journey. *Veterinary Record*. 1999;144(25):687-692. doi: 10.1136/vr.144.25.687
52. Koch RE, Hill GE. An assessment of techniques to manipulate oxidative stress in animals. *Functional Ecology*. 2016;31(1):9-21. doi: 10.1111/1365-2435.12664
53. Kumar B, Manuja A, Aich P. Stress and its impact on farm animals. *Frontiers in Bioscience-Elite*. 2012;4(5):1759-1767. doi: 10.2741/e496
54. Kyrou I, Tsigos C. Stress mechanisms and metabolic complications. *Hormone and Metabolic Research*. 2007;39(06):430-438. doi: 10.1055/s-2007-981462
55. Lacetera N. Impact of climate change on animal health and welfare. *Animal Frontiers*. 2019;9(1):26-31. doi: 10.1093/af/vfy030
56. Lamy E, Van Harten S, Sales-Baptista E, Guerra MMM, De Almeida AM. Factors influencing livestock productivity. In: Sejian V, Naqvi S, Ezeji T, Lakritz J, Lal R, editors. *Environmental stress and amelioration in livestock production*. Berlin, Heidelberg: Springer; 2012:19-51. doi: 10.1007/978-3-642-29205-7_2
57. Li J-L, Jiang C-Y, Li S, Xu S-W. Cadmium induced hepatotoxicity in chickens (*Gallus domesticus*) and ameliorative effect by selenium. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2013;96:103-109. doi: 10.1016/j.ecoenv.2013.07.007
58. Linn J, Raeth-Knight M, Larson R. Managing heat stressed lactating dairy cows. *Hubbard Feeds Inc*. 2004;26:9-10.
59. Liu F, Cottrell JJ, Furness JB, Rivera LR, Kelly FW, Wijesiriwardana U, Pustovit RV, Fothergill LJ, Bravo DM, Celi P, Leury BJ, Gabler NK, Dunshea FR. Selenium and vitamin E together improve intestinal epithelial barrier function and alleviate oxidative stress in heat-stressed pigs. *Experimental Physiology*. 2016;101(7):801-810. doi: 10.1113/EP085746

60. Lynch EM, Earley B, McGee M, Doyle S. Characterisation of physiological and immunological responses in beef cows to abrupt weaning and subsequent housing. *BMC Veterinary Research*. 2010;6:37. doi: 10.1186/1746-6148-6-37
61. Majzoub JA. Corticotropin-releasing hormone physiology. *European Journal of Endocrinology*. 2006;155(S1):S71-S76. doi: 10.1530/eje.1.02247
62. Mazur-Kusnerek M, Antoszkiewicz Z, Lipinski K, Kaliniewicz J, Kotlarczyk S, Zukowski P. The effect of polyphenols and vitamin E on the antioxidant status and meat quality of broiler chickens exposed to high temperature. *Archives of Animal Nutrition*. 2019;73(2):111-126. doi: 10.1080/1745039X.2019.1572342
63. McDowell LR. Vitamins in animal nutrition: comparative aspects to human nutrition. Academic Press, Inc.;1989:486 p.
64. McLamb BL, Gibson AJ, Overman EL, Stahl C, Moeser AJ. Early weaning stress in pigs impairs innate mucosal immune responses to enterotoxigenic *E. coli* challenge and exacerbates intestinal injury and clinical disease. *PLoS One*. 2013; 8(4):e59838. doi: 10.1371/journal.pone.0059835
65. Medland JE, Pohl CS, Edwards LL, Frandsen S, Bagley K, Li Y, Moeser AJ. Early life adversity in piglets induces long-term upregulation of the enteric cholinergic nervous system and heightened, sex-specific secretomotor neuron responses. *Neurogastroenterology & Motility*. 2016;28(9):1317-1329. doi: 10.1111/nmo.12828
66. Mignon-Grasteau S, Boissy A, Bouix J, Faure JM, Fisher AD, Hinch GN., Jensen P, Neindre PL, Mormède P, Prunet P, Vandeputte M, Beaumont C. Genetics of adaptation and domestication in livestock. *Livestock Production Science*. 2005;93(1):3-14. doi: 10.1016/j.livprodsci.2004.11.001
67. Minka, NS, Ayo JO, Sackey AKB, Adelaiye AB. Assessment and scoring of stresses imposed on goats during handling, loading, road transportation and unloading, and the effect of pretreatment with ascorbic acid. *Livestock Science*. 2009;125(2-3):275-282. doi: 10.1016/j.livsci.2009.05.006
68. Moeser AJ, Pohl CS, Rajput M. Weaning stress and gastrointestinal barrier development: Implications for lifelong gut health in pigs. *Animal Nutrition*. 2017;3(4):313-321. doi: 10.1016/j.aninu.2017.06.003
69. Morley JE, Elson MK, Levine AS, Shafer RB. The effects of stress on central nervous system concentrations of the opioid peptide, dynorphin. *Peptides*. 1982;3(6):901-906. doi: 10.1016/0196-9781(82)90058-4
70. Mujahid A, Yoshiki Y, Akiba Y, Toyomizu M. Superoxide radical production in chicken skeletal muscle induced by acute heat stress. *Poultry Science*. 2005;84(2):307-314. doi: 10.1093/ps/84.2.307
71. Munck A, Guyre PM, Holbrook NJ. Physiological functions of glucocorticoids in stress and their relation to pharmacological actions. *Endocrine Reviews*. 1984;5(1):25-44. doi: 10.1210/edrv-5-1-25
72. Nader N, Chrousos GP, Kino T. Interactions of the circadian CLOCK system and the HPA axis. *Trends in Endocrinology & Metabolism*. 2010;21(5):277-286. doi: 10.1016/j.tem.2009.12.011
73. Nardone A, Ronchi B, Lacetera N, Bernabucci U. Climatic effects on productive traits in livestock. *Veterinary Research Communications*. 2006;30:75-81. doi: 10.1007/s11259-006-0016-x
74. Nonaka I, Takusari N, Tajima K, Suzuki T, Higuchi K, Kurihara M. Effects of high environmental temperatures on physiological and nutritional status of prepubertal Holstein heifers. *Livestock Science*. 2008;113(1):14-23. doi: 10.1016/j.livsci.2007.02.010
75. Nostrand SD, Galton DM, Erb HN, Bauman DE. Effects of daily exogenous oxytocin on lactation milk yield and composition. *Journal of Dairy Science*. 1991;74(7):2119-2127. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(91)78384-7
76. Ouali A, Herrera-Mendez CH, Coulis G, Becila S, Boudjellal A, Aubry L, Sentandreu MA. Revisiting the conversion of muscle into meat and the underlying mechanisms. *Meat Science*. 2006;74(1):44-58. doi: 10.1016/j.meatsci.2006.05.010
77. Pruett SB. Stress and the immune system. *Pathophysiology*. 2003;9(3):133-153. doi: 10.1016/S0928-4680(03)00003-8

78. Reed RG, Raison CL. Stress and the immune system. In: Esser C, editor. *Environmental influences on the immune system*. Vienna: Springer;2016:97-126. doi: 10.1007/978-3-7091-1890-0_5
79. Renaudeau D, Collin A, Yahav S, De Basilio V, Gourdine JL, Collier RJ. Adaptation to hot climate and strategies to alleviate heat stress in livestock production. *Animal*. 2012;6(5):707-728. doi: 10.1017/S1751731111002448
80. Rhoads ML, Rhoads RP, VanBaale MJ, Collier RJ, Sanders SR, Weber WJ, Crooker BA, Baumgard LH. Effects of heat stress and plane of nutrition on lactating Holstein cows: I. Production, metabolism, and aspects of circulating somatotropin. *Journal of Dairy Science*. 2009;92(5):1986-1997.
81. Rhoads RP, Baumgard LH, Suagee JK, Sanders SR. Nutritional interventions to alleviate the negative consequences of heat stress. *Advances in Nutrition*. 2013;4(3):267-276. doi: 10.3945/an.112.003376
82. Ritter MJ, Ellis M, Bowman R, Brinkmann J, Curtis SE, DeDecker JM, Mendoza O, Murphy CM, Orellana DG, Peterson BA, Rojo A, Schlipf JM, Wolter BF. Effects of season and distance moved during loading on transport losses of market-weight pigs in two commercially available types of trailers. *Journal of Animal Science*. 2008;86(11):3137-3145. doi: 10.2527/jas.2008-0873
83. Rust RL, Thomson DU, Loneragan GH, Apley MD, Swanson JC. Effect of different castration methods on growth performance and behavior responses of postpubertal beef bulls. *The Bovine Practitioner*. 2007;41(2):111-119. doi: 10.21423/bovine-vol41no2p111-119
84. Shaikh ZA, Vu TT, Zaman K. Oxidative stress as a mechanism of chronic cadmium-induced hepatotoxicity and renal toxicity and protection by antioxidants. *Toxicology and Applied Pharmacology*. 1999;154(3):256-263. doi: 10.1006/taap.1998.8586
85. Shakeri M, Cottrell JJ, Wilkinson S, Le HH, Suleria HA, Warner RD, Dunshea FR. Growth performance and characterization of meat quality of broiler chickens supplemented with betaine and antioxidants under cyclic heat stress. *Antioxidants*. 2019;8(9):336. doi: 10.3390/antiox8090336
86. Shakeri M, Cottrell JJ, Wilkinson S, Zhao W, Le HH, McQuade R, Furness JB, Dunshea FR. Dietary betaine improves intestinal barrier function and ameliorates the impact of heat stress in multiple vital organs as measured by Evans blue dye in broiler chickens. *Animals*. 2020;10(1):38. doi: 10.3390/ani10010038
87. Smith F, Clark JE, Overman BL, Tozel CC, Huang JH, Rivier JE, Blisklager AT, Moeser, AJ. Early weaning stress impairs development of mucosal barrier function in the porcine intestine. *American Journal of Physiology-Gastrointestinal and Liver Physiology*. 2010;298(3):G352-G363. doi: 10.1152/ajpgi.00081.2009
88. Sneddon LU, Wolfenden DC, Thomson JS. Stress management and welfare. *Fish Physiology*. 2016;35:463-539. doi: 10.1016/B978-0-12-802728-8.00012-6
89. Sophia I, Sejian V, Bagath M, Bhatta R. Quantitative expression of hepatic toll-like receptors 1-10 mRNA in Osmanabadi goats during different climatic stresses. *Small Ruminant Research*. 2016;141:11-16. doi: 10.1016/j.smallrumres.2016.06.005
90. Sordillo LM, Aitken SL. Impact of oxidative stress on the health and immune function of dairy cattle. *Veterinary Immunology and Immunopathology*. 2009;128(1-3):104-109. doi: 10.1016/j.vetimm.2008.10.305
91. Soriani N, Panella G, Calamari L. Rumination time during the summer season and its relationships with metabolic conditions and milk production. *Journal of Dairy Science*. 2013;96(8):5082-5094. doi: 10.3168/jds.2013-6620
92. Sorrenti V, Di Giacomo C, Acquaviva R, Barbagallo I, Bognanno M, Galvano F. Toxicity of ochratoxin A and its modulation by antioxidants: A review. *Toxins*. 2013;5(10):1742-1766. doi: 10.3390/toxins5101742
93. Spiers DE, Spain JN, Sampson JD, Rhoads RP. Use of physiological parameters to predict milk yield and feed intake in heat-stressed dairy cows. *Journal of Thermal Biology*. 2004;29(7-8):759-764. doi: 10.1016/j.jtherbio.2004.08.051

94. St-Pierre NR, Cobanov B, Schnitkey G. Economic losses from heat stress by US livestock industries. *Journal of Dairy Science*. 2003;86(S):E52-E77. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(03)74040-5
95. Stull CL. Responses of horses to trailer design, duration, and floor area during commercial transportation to slaughter. *Journal of Animal Science*. 1999;77(11):2925-2933. doi: 10.2527/1999.77112925x
96. Stull CL. Stress and dairy calves. Davis: University of California, 1997: 5 p.
97. Surai PF, Fisinin VI. The modern anti-stress technologies in poultry: from antioxidants to vitagenes. *Agricultural Biology*. 2012;4:3-13. doi: 10.15389/agrobiology.2012.4.3eng
98. Tarrant P. The effects of handling, transport, slaughter and chilling on meat quality and yield in pigs: A review. *Irish Journal of Food Science and Technology*. 1989;13(2):79-107.
99. Tong C, Li P, Yu LH, Li L, Li K, Chen Y, Yang S-H, Long M. Selenium-rich yeast attenuates ochratoxin A-induced small intestinal injury in broiler chickens by activating the Nrf2 pathway and inhibiting NF-KB activation. *Journal of Functional Foods*. 2020;66:103784. doi: 10.1016/j.jff.2020.103784
100. Tsigos C, Kyrou I, Kassi E, Chrousos GP. Stress: endocrine physiology and pathophysiology. In: Feingold KR, Anawalt B, Blackman MR, et al., editors. *Endotext* [Internet]. South Dartmouth (MA): MDText.com, Inc.; 2020.
101. Upadhyay RC, Ashutosh RV, Singh SV, Aggarwal P. Impact of climate change on reproductive functions of cattle and buffaloes. In: Aggarwal PK, editor. *Global climate change and Indian Agriculture*. New Delhi: ICAR; 2009:107-110.
102. Vandana GD, Bagath M, Sejian V, Krishnan G, Beena V, Bhatta R. Summer season induced heat stress impact on the expression patterns of different toll-like receptor genes in Malabari goats. *Biological Rhythm Research*. 2019;50(3):466-482. doi: 10.1080/09291016.2018.1464638
103. West JW. Effects of heat-stress on production in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. 2003;86(6):2131-2144. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(03)73803-X
104. West JW. Nutritional strategies for managing the heat-stressed dairy cow. *Journal of Animal Science*. 1999;77(S2):21-35. doi: 10.2527/1997.77suppl_221x
105. Wheelock JB, Rhoads RP, VanBaale MJ, Sanders SR, Baumgard LH. Effects of heat stress on energetic metabolism in lactating Holstein cows. *Journal of Dairy Science*. 2010;93(2):644-655. doi: 10.3168/jds.2009-2295
106. Wolfenson D. Impact of heat stress on production and fertility of dairy cattle. *Proceedings of the 18th Annual Tri-State Dairy Nutrition Conference*. IN, USA: Fort Wayne; 2009:55-59.
107. Xing T, Zhao X, Wang P, Chen H, Xu X, Zhou G. Different oxidative status and expression of calcium channel components in stress-induced dysfunctional chicken muscle. *Journal of Animal Science*. 2017;95(4):1565-1573. doi: 10.2527/jas.2016.0868
108. Xu F, Liu S, Li S. Effects of selenium and cadmium on changes in the gene expression of immune cytokines in chicken splenic lymphocytes. *Biological Trace Element Research*. 2015;165:214-221. doi: 10.1007/s12011-015-0254-2
109. Yang HP, Wang L, Han L, Wang SC. Nonsocial functions of hypothalamic oxytocin. *International Scholarly Research Notices*. 2013;2013(1): 179272. doi: 10.1155/2013/179272
110. Yumatov EA. Emotional stress: the dialectics of nature. *Neuroscience and Medicine*. 2020;11(01):20-28. doi: 10.4236/nm.2020.111003
111. Zhao W, Liu W, Chen X, Zhu Y, Zhang Z, Yao H, Xu S. Four endoplasmic reticulum resident selenoproteins may be related to the protection of selenium against cadmium toxicity in chicken lymphocytes. *Biological Trace Element Research*. 2014;161:328-333. doi: 10.1007/s12011-014-0135-0
112. Zulkifli I. Review of human-animal interactions and their impact on animal productivity and welfare. *Journal of Animal Science and Biotechnology*. 2013;4:25. doi: 10.1186/2049-1891-4-25

Информация об авторах:

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; тел.: 8-965-932-53-67.

Никита Германович Ерофеев, студент, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, д. 29, тел: 8-908-320-18-09.

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; тел.: 8-912-344-99-07.

Марина Юрьевна Павлова, кандидат биологических наук, научный сотрудник, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, д. 29; тел.: 8-922859-01-34.

Information about the authors:

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; tel.: 8-965-932-53-67.

Nikita G Erofeev, student, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29, 9 Yanvarya St., Orenburg, 460000; tel.: 8-908-320-18-09.

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; tel.: 8-912-344-99-07.

Marina Yu Pavlova, Cand. Sci. (Biology), Researcher, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29, 9 Yanvarya St., Orenburg, 460000; tel.: 8-922859-01-34.

Статья поступила в редакцию 14.02.2024; одобрена после рецензирования 05.08.2024; принята к публикации 09.09.2024.

The article was submitted 14.02.2024; approved after reviewing 05.08.2024; accepted for publication 09.09.2024.

Животноводство и кормопроизводство. 2024. Т. 107, № 3. С. 163-173.
Animal Husbandry and Fodder Production. 2024. Vol. 107, no 3. P. 163-173.

Научная статья
УДК 576.8.06:612.017.11/.12:615.779.9
doi:10.33284/2658-3135-107-3-163

Изучение антибиотикорезистентности выделенных штаммов пропионовокислых бактерий

Татьяна Ивановна Логвинова¹

¹Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста, Подольск, Россия
¹vijmikrob@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7075-544X>

Аннотация. В настоящее время широкое применение в производстве животноводческой продукции получило использование различных пробиотических препаратов, представляющих собой устойчивое сообщество физиологически совместимых полезных микроорганизмов, способствующих повышению конверсии корма, метаболических процессов и реактивности организма животных. Изучение пробиотических свойств микроорганизмов пропионовокислых бактерий, и разработка на их основе современных биопрепаратов для последующего применения в сельскохозяйственном производстве в целях повышения резистентности и улучшения обменных процессов организма является одним из перспективных направлений. В этой связи научно-исследовательская статья направлена на изучение выделенных культур пропионовокислых микроорганизмов и определение устойчивости бактерий к действию антибиотиков. В ходе работы были выделены 8 культур пропионовокислых бактерий из молочной сыворотки, дана оценка культурально-морфологических свойств микроорганизмов, а также изучена их чувствительность к антибиотикам. По результатам исследований следует, что выделенные культуры пропионовокислых бактерий обладают малой чувствительностью к антибиотикам. При этом наименьшие значения диаметра зон задержки роста показали штаммы Pr73 Pr5. Высокая чувствительность отмечена у штаммов Pr89, Pr33, Pr73 к доксициклину (34,9 мм, 31,4 мм, 30,8 мм). Штаммы Pr5, Pr80, Pr33, Pr11, Pr87, Pr44, Pr89 устойчивы к стрептомицину, гентамицину, цефепиму и линкомицину. Полученные данные необходимы для дальнейшего изучения выделенных культур в качестве пробиотиков в кормлении сельскохозяйственных животных.

Ключевые слова: пропионовокислые микроорганизмы, пробиотики, антибиотикорезистентность, штаммы, антибиотики

Благодарности: работа выполнена в соответствии с планом НИР за 2024 г. ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста FGGN-2024-0016 (124020200032-4).

Для цитирования: Логвинова Т.И. Изучение антибиотикорезистентности выделенных штаммов пропионовокислых бактерий // Животноводство и кормопроизводство. 2024. Т. 107, № 3. С. 163-173. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-107-3-163>

Original article

Study of antibiotic resistance of isolated strains of propionic acid bacteria

Tatyana I Logvinova¹

¹Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member LK Ernst, Dubrovitsy, Russia
¹vijmikrob@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7075-544X>

Abstract. Currently, the use of various probiotic preparations, which represent a stable community of physiologically compatible beneficial microorganisms that contribute to increased feed conversion, metabolic processes and reactivity of the animal body, has been widely used in the production of livestock

products. The study of the probiotic properties of microorganisms of propionic acid bacteria, and the development of modern biological products based on them for subsequent use in agricultural production in order to increase resistance and improve the metabolic processes of the body is one of the promising directions. In this regard, the research article is aimed at studying isolated cultures of propionic acid microorganisms and determining the resistance of bacteria to the action of antibiotics. In the course of the work, 8 cultures of propionic acid bacteria from whey were isolated, the cultural and morphological properties of microorganisms were evaluated, and their sensitivity to antibiotics was studied. According to the research results, the isolated cultures of propionic acid bacteria have low sensitivity to antibiotics. At the same time, the smallest values of the diameter of the growth retardation zones were shown by Pr73 Pr5 strains. At the same time, the smallest values of the diameter of the growth retardation zones were shown by Pr73 Pr5 strains. High sensitivity was noted in Pr89, Pr33, Pr73 strains to doxycycline (34.9 mm, 31.4 mm, 30.8 mm). Pr5, Pr80, Pr33, Pr11, Pr87, Pr44, Pr89 strains are resistant to streptomycin, gentamicin, cefepime and lincomycin. The data obtained are necessary for further study of isolated cultures as probiotics in the feeding of farm animals.

Keywords: propionic acid microorganisms, probiotics, antibiotic resistance, strains, antibiotics

Acknowledgments: the work was performed in accordance to the plan of research works for 2024 Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member LK Ernst FGGN-2024-0016 (124020200032-4).

For citation: Logvinova TI. Study of antibiotic resistance of isolated strains of propionic acid bacteria. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2024;107(3):163-173. (In Russ.). <https://doi.org/10.33284/2658-3135-107-3-163>

Введение.

На сегодняшний день в животноводстве широкое применение получило теоретическое и практическое обоснование использования пробиотических препаратов, под которыми понимают устойчивое сообщество физиологически совместимых полезных микроорганизмов. Они, находясь в желудочно-кишечном тракте животных, участвуют в расщеплении и метаболизме аминокислот, жиров, углеводов, витаминов, микроэлементов, с помощью вырабатываемых ими ферментов, способствуют улучшению усвоения корма, что позволяет увеличить продуктивность, повысить резистентность и интенсивность обменных процессов в организме (Ефимова Л.В. и Удалова Т.А., 2011; Овчинников А.А., 2017; Головнева Н.А. и др., 2018).

Актуальными исследованиями является изучение положительного воздействия молочнокислых штаммов, способных нормализовать функционирование микрофлоры желудочно-кишечного тракта и регулировать здоровье организма животных. Данные штаммы получили название «пробиотики», в основном к ним относят молочнокислые бактерии рода *Lactobacillus* и *Bifidobacterium* (Fontana L et al., 2013), а также используются бактерии рода *Propionibacterium* (Дускаев Г.К. и др., 2019; Thierry A et al., 2011).

Согласно литературным данным, пробиотики характеризуются высокой ферментативной активностью, регулируют и стимулируют пищеварение, оказывают противоаллергенное, антитоксическое действие и повышают неспецифическую резистентность организма (Арифиллина Л.Р. и Волкова Г.С., 2018).

Пропионовокислые бактерии – грамположительные, неподвижные палочки или кокки, не образуют спор, факультативные анаэробы, размером 0,5-0,8×1,0-1,5 мкм. Оптимальная температура роста – +30...+37 °C и pH – около 7.

Основными продуктами брожения микроорганизмов являются пропионовая, уксусная кислоты и углекислый газ. В процессе своей жизнедеятельности данные микроорганизмы образуют каталазу и супероксиддисмутазу. Последний фермент защищает бактериальные клетки описываемых микроорганизмов от повреждающего действия кислорода воздуха и свободных радикалов (Орлова Т., 2021; Логвинова Т.И., 2023).

Данные микроорганизмы стимулируют метаболизм углеводов и превращают их в продукты распада, синтез витаминов, бактериоцины, трегалозу и другие биологически активные вещества, проявляющие иммуномодулирующие и антиканцерогенные свойства. Это обуславливает их положительную роль как пробиотиков (Zarate G and Chaia AP, 2012).

Пропионовокислые микроорганизмы приживаются в кишечнике животных, поглощают микотоксины в пищеварительном тракте, стимулируют иммунную систему, снижают мутагенное действие ряда химических соединений и ультрафиолетовых лучей (Хаева О.Э. и Икоева Л.П., 2018; Орлова Т., 2021).

Способность синтезировать антистрессорные белки позволяет этим бактериям восстанавливать и увеличивать жизнеспособность клеток, подвергшихся разным негативным воздействиям (Рожкова Е.П., 2018).

Пропионовокислые бактерии и их антигены повышают противовирусную и антибактериальную защиту организма, путём синтеза антибактериальных компонентов, активных в отношении энтеробактерий, анаэробных микроорганизмов, грибов. Поэтому все чаще используют консорциумы пробиотических микроорганизмов, в состав которых входят лакто-, бифидобактерии и штаммы пропионовокислых бактерий (Хамагаева И.С. и др., 2006).

Способность синтезировать биологически активные вещества, в частности бактерии рода *Propionibacterium*, позволяет их использовать как отдельно, в качестве самостоятельных пробиотиков, так и в составе поликомпонентных препаратов (Милентьева И.С. и др., 2021).

На сегодняшний день в промышленном животноводстве и птицеводстве для поддержания работы желудочно-кишечного тракта и профилактики и лечения патологий широко применяются различные пробиотические препараты, производимые на основе выращивания живых культур микроорганизмов (Сверчкова Н. и Коломиец Э., 2016; Тузиков Р.А. и др., 2022). Исследования ряда иностранных учёных показывают, что использование пробиотических препаратов способствует повышению уровня иммуноглобулинов в сыворотке крови (Zhang ZF and Kim IH, 2014).

Данные микроорганизмы характеризуются такими свойствами, как низкая токсичность, устойчивость к веществам и внутренней среде желудочно-кишечного тракта, высокая адгезивная способность, устойчивость к антибактериальным веществам, которые используются в антибиотикотерапии различных патологий. Применение таких штаммов в качестве пробиотиков в комплексной терапии вместе с антибиотиками позволяет снизить риск развития дисбактериозов, патогенной микрофлоры желудочно-кишечного тракта, возникающих на фоне применения антибактериальных препаратов, а также сократить сроки лечебных мероприятий (Бояринцева И.В. и др., 2020).

Учитывая перспективность исследований данных бактерий сотрудниками лаборатории микробиологии ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста ведётся работа по выделению пропионовокислых микроорганизмов и изучению их ростовых, морфологических, пробиотических свойств и селективных признаков.

Цель исследования.

Выделение новых культур микроорганизмов, изучение их устойчивости к действию антибиотиков с целью использования в качестве пробиотических культур для сельскохозяйственных животных и птицы.

Материалы и методы исследований.

Объект исследования. Культуры пропионовокислых бактерий, выделенные из молочной сыворотки.

Схема эксперимента. Методом 10-кратных разведений, с последующим высевом на Бифидум-среду (Оболensk, Россия) были выделены матричные (исходные) культуры пропионовокислых бактерий.

Чистые культуры получали высевом исходных культур на питательную среду MRS (Оболенск, Россия). Культивирование пропионовокислых бактерий производили в течение 2 суток при +37 °C в CO₂-инкубаторе с атмосферой, содержащей 5,5 % CO₂, O₂=17,1 %.

Морфологию пропионовокислых бактерий определяли стандартными методами (Muray RGE et al., 1994; Беркли Р. и др., 1997), путём приготовления фиксированных мазков, окрашенных по Граму с последующим микроскопированием.

Дифференцировку бактерий по биохимическим свойствам их клеточной стенки проводили с использованием набора для окраски по Граму Gram Stains-Kit (HiMedia, Индия). Клеточную стенку грамположительных бактерий фиксирует краситель кристаллический фиолетовый и раствор йода, она не обесцвечивается этанолом и не воспринимает краситель сафранин. Поэтому грамположительные формы бактерий окрашиваются в тёмно-синий цвет (Шишин М.В. и Просеков А.Ю., 2015).

Чувствительность выделенных изолятов к антимикробным препаратам определяли диско-диффузным методом (ДДМ) с наложением стандартных бумажных дисков, пропитанных антимикробными препаратами, на поверхность плотной среды. Метод основан на способности антимикробных препаратов, диффундирующих в питательную среду, угнетающих рост микроорганизмов, посеянных на поверхности агар, вокруг дисков с образованием зон задержки роста (Методические указания..., 2011).

Для этого готовили суточную культуру пропионовокислых бактерий, которую выращивали на бульоне MRS для лактобактерий (HiMedia, Индия), инкубировали в CO₂-инкубаторе с атмосферой, содержащей 5,5 % CO₂, O₂=17,1 % при +37 °C. Затем суточную культуру исследуемого штамма со средой MRS (Оболенск, Россия) высевали сплошным газоном на чашки Петри и после застывания раскладывали на поверхность агар диски с антибиотиками (HiMedia, Индия). Через 24 ч культивирования в CO₂-инкубаторе с атмосферой, содержащей 5,5 % CO₂, O₂=17,1 % при +37 °C, измеряли кронциркулем диаметры зон задержки роста с точностью до 1 мм.

Интерпретацию результатов устойчивости пропионовокислых бактерий к антибиотикам осуществляли по диаметру зон изолятов: диаметр зоны подавления роста менее 10 мм – устойчивый, 11-20 мм – промежуточно устойчивые (малочувствительные), более 21 мм – чувствительные (Методические указания..., 2011).

Оборудование и технические средства. Исследования проводились в лаборатории микробиологии ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста. Микроскоп для морфологических исследований бинокулярный (XS-90, Китай), CO₂-инкубатор ЕСКО (CelCulture CCL-050, Корея).

Статистическая обработка. Статистический анализ выполняли с помощью программного обеспечения «Microsoft Office» с применением программы «Excel» («Microsoft», США). Исследование осуществляли в трёхкратной повторности, результаты выражали в виде средней арифметической и стандартной ошибки среднего.

Результаты исследования.

В ходе проведённых исследований были выделены 8 чистых культур пропионовокислых бактерий. Полученные штаммы исследованы по культурально-морфологическим свойствам. Данные штаммы способны расти в аэробных и анаэробных условиях, представляют собой грамположительные, не спорообразующие, факультативные анаэробы.

Анализ микроскопических препаратов бактериальных культур показал, что клетки культур пропионовокислых бактерий, выделенные из молочной сыворотки на питательной среде MRS, кокковидной формы, грамположительные, расположение в основном – в виде групп, скоплений. Морфология пропионовокислых микроорганизмов представлена на рисунке 1 (увеличение WF 16×90).

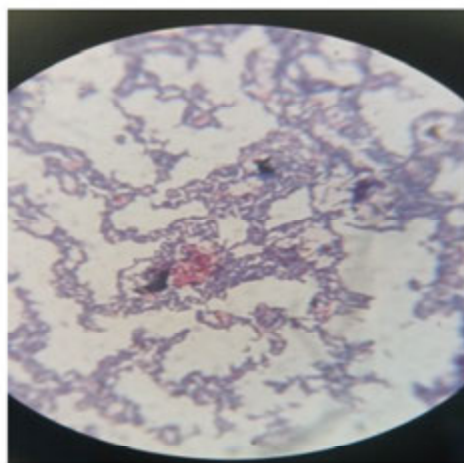


Рисунок 1. Изолят пропионовокислых бактерий, выделенный из молочной сыворотки
Figure 1. Isolate of propionic acid bacteria isolated from whey

При росте на плотной питательной среде пропионовокислые бактерии образовывали маслянистые колонии кремового цвета, гладкие, блестящие, по штриху – рост умеренный (рис. 2).

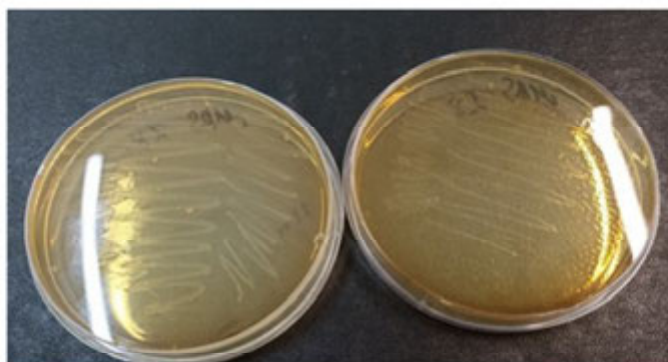


Рисунок 2. Пропионовокислые бактерии (питательная среда MRS)
Figure 2. Propionic acid bacteria (MRS nutrient medium)

Антибиотики воздействуют на ферментную активность и морфологию клеток микроорганизмов инокулята. Так, пенициллин подавляет способность сбраживать моносахара, действие фермента альдолазы, стрептомицин – способность сбраживать дисахара, тетрациклин – действие фермента лактозагидрогеназы. В этой связи представляет интерес изучение устойчивости к антибиотикам выделенных культур пропионовокислых микроорганизмов.

Результаты определения чувствительности исследуемых культур к действию ряда антибиотиков (доксикаклин, стрептомицин, гентамицин, тетрациклин, ципрофлоксацин, пенициллин, цефепим, линкомицин, ванкомицин, эритромицин, левомицетин, ампициллин, цефоперазон) представлены в таблице 1.

Согласно таблице 1 культуры пропионовокислых бактерий обладают в основном малой чувствительностью к антибиотикам. Наименьшие значения диаметра зон задержки роста показали штаммы: Pr73 (устойчив к стрептомицину, гентамицину, ципрофлоксацину и цефепиму), Pr5 (устойчив к стрептомицину, гентамицину, цефепиму и линкомицину). Штаммы Pr80, Pr33, Pr11, Pr87, Pr44, Pr89 обладают устойчивостью к стрептомицину, гентамицину, цефепиму и линкомицину. Высокая чувствительность отмечена у штаммов Pr89, Pr33, Pr73 к доксициклину (34,9 мм, 31,4 мм, 30,8 мм).

Таблица 1. Результаты изучения антибиотикорезистентности выделенных штаммов пропионовокислых бактерий

Table 1. The results of the study of antibiotic resistance of isolated strains of propionic acid bacteria

Наименование антибиотика / The name of the antibiotic	Диаметр зоны задержки роста (мм) при использовании антибиотика в концентрации (мкг, МЕ) / The diameter of the growth retardation zone (mm) when using an antibiotic in concentration (mcg, IU)							
	Pr73	Pr80	Pr5	Pr33	Pr11	Pr87	Pr44	Pr89
Доксициклин (30 мкг) / Doxycycline (30 mcg)	30,8±1,9	29,7±1,2	19,6±0,7	31,4±1,2	28,8±1,2	25,9±0,4	21,7±0,8	34,9±1,1
Стрептомицин (10 мкг) / Streptomycin (10 mcg)	0	0	0	0	0	0	0	0
Гентамицин (10 мкг) / Gentamicin (10 mcg)	0	10,0±0,6	0	0	0	0	0	0
Тетрациклин (30 мкг) / Tetracycline (30 mcg)	16,7±1,3	25,0±0,9	16,5±0,6	25,1±1,1	25,4±0,7	22,9±1,0	17,7±1,2	29,8±0,6
Ципрофлоксацин (5 мкг) / Ciprofloxacin (5 mcg)	10,0±0,5	12,7±0,5	13,0±1,2	12,1±0,4	11,5±1,2	14,1±1,5	13,5±1,3	15,8±0,8
Пенициллин (10 мкг) / Penicillin (10 mcg)	16,2±1,0	18,0±1,3	16,2±0,9	19,2±1,3	17,6±0,8	17,9±0,6	17,1±0,5	21,1±1,2
Цефепим (30 мкг) / Cefepime (30 mcg)	0	0	0	0	0	0	0	0
Линкомицин (15 мкг) / Lincomycin (15 mcg)	11,1±0,5	7,1±3,5	10,4±0,3	10,6±0,5	11,2±0,8	10,0±0,6	0	10,1±0,45
Ванкомицин (30 мкг) / Vancomycin (30 mcg)	19,1±1,3	21,4±0,5	19,6±0,8	21,8±0,9	21,4±0,9	22,8±1,0	22,8±1,7	25,9±0,8
Эритромицин (15 мкг) / Erythromycin (15 mcg)	15,9±1,4	21,6±2,1	20,7±1,1	24,8±1,0	22,0±0,6	15,3±1,7	14,5±0,7	25,8±0,1
Левомецетин (30 мкг) / Levomicetin (30 mcg)	19,7±1,6	22,6±1,2	19,3±0,4	22,7±0,9	22,0±0,5	24,9±1,5	22,7±0,5	25,0±0,9
Ампициллин (10 мкг) / Ampicillin (10 mcg)	12,0±0,7	15,3±1,8	12,8±0,4	15,5±1,2	15,0±0,8	14,3±0,3	14,9±1,0	16,5±0,5
Цефоперазон (30 мкг) / Cefoperazone (30 mcg)	16,5±0,8	16,7±1,2	16,7±1,2	15,4±0,1	18,5±1,0	17,6±0,8	16,6±0,3	19,4±0,9

Обсуждение полученных результатов.

Благодаря наличию уникальных свойств пропионовокислых бактерий их рекомендуют применять на фоне антибиотикотерапии для более эффективного восстановления нормальной микрофлоры кишечника (Богданова Л.Л. и др., 2009; Bellisle F et al., 1998).

Для оценки возможности использования выделенных культур бактерий в качестве пробиотиков, они были протестированы на антибиотикорезистентность. Полученные результаты показали, что выделенные культуры бактерий обладают малой чувствительностью к ципрофлоксацину (5 мкг), пенициллину (10 мкг), частично к эритромицину (15 мкг), ампициллину (10 мкг) и цефоперазону (30 мкг). Данные штаммы пропионовокислых бактерий антибиотикорезистентны к стрептомицину (10 мкг), гентамицину (10 мкг), цефепиму (30 мкг) и линкомицину (15 мкг, кроме Pr73 и Pr11). Необходимо отметить, что данные штаммы чувствительны к доксициклину (30 мкг), тетрациклину (30 мкг), ванкомицину (30 мкг) и левомицетину (30 мкг).

Заключение.

В ходе проведённых исследований были выделены, морфологически изучены новые культуры пропионовокислых бактерий и установлена их чувствительность к 13 антимикробным препаратам. Полученные результаты необходимы для дальнейшего исследования пробиотических свойств выделенных культур с целью использования их в качестве пробиотиков в кормлении сельскохозяйственных животных и птицы.

Список источников

1. Арифиллина Л.Р., Волкова Г.С. Консорциум бактерий как основа создания пробиотических добавок для животноводства // Хранение и переработка сельхозсырья. 2018. № 1. С. 41-45. [Arifullina LR, Volkova GS. Consortium of bacteria as a basis for creating probiotic additives for livestock production. Storage and Processing of Farm Products. 2018;1:41-45. (In Russ.)].
2. Бояринаева И.В., Хамагаева И.С., Мурьев И.Е., Исследование антибиотической активности и антибиотикоустойчивости чистых культур *PROPIONIBACTERIUM FREUDENREICHII* SH-85 и ацидофильной палочки с целью дальнейшего использования культур в производстве бактериального концентрата // The scientific heritage. 2020. № 44-2(44). С. 3-6 [Boiarineva I, Khama-gaeva I, Muruyev I. Research of antibiotic activity and antibiotic resistance of pure cultur of *PROPIONIBACTERIUM FREUDENREICHII* SH-85 and acidophilus bacillus for further use of cultures in the production of bacterial concentrate. The scientific heritage. 2020;44-2(44):3-6. (In Russ.)].
3. Выделение пропионовокислых бактерий и характеристика их физиолого-биохимических и производственно-ценных свойств / Л.Л. Богданова, С.Л. Василенко, Д.П. Бажанов, К.К. Яцевич, Н.И. Петрушеня, Л.В. Сафроненко // Актуальные вопросы переработки мясного и молочного сырья. 2009. № 4. С. 48-61. [Bogdanova L, Vasilenko S, Bazhanov D, Yatsevich K, Petrushenia N, Safronenko L. Isolation of propionic acid bacteria and characterization of their physiological, biochemical and biotechnological properties. Topical Issues of Processing of Meat and Milk Raw Materials. 2009;4:48-61. (In Russ.)].
4. Ефимова Л.В., Удалова Т.А. Эффективные микроорганизмы в кормлении крупного рогатого скота и свиней. Красноярск: Красноярский НИИЖ Россельхозакадемии, 2011. 100 с. [Efimova LV, Udalova TA. Effektivnye mikroorganizmy v kormlenii krupnogo rogatogo skota i svinej. Krasnojarsk: Krasnojarskij NIIZh Rossel'hoz akademii; 2011:100 p. (In Russ.)].
5. Изучение влияния пробиотиков на продуктивные и гематологические показатели крови цыплят-бройлеров / Р.А. Тузиков, С.В. Лебедев, А.Е. Аринжанов, М.С. Аринжанова // Животноводство и кормопроизводство. 2022. Т. 105, № 4. С. 195-207. [Tuzikov RA, Lebedev SV, Arinzhanov AE, Arinzhanova MS. Study of the effect of probiotics on productive and hematological parameters of broiler blood. Animal Husbandry and Fodder Production. 2022;105(4):195-207. (In Russ.)]. doi: 10.33284/2658-3135-105-4-195

6. 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
7. Логвинова Т.И. Использование пропионовокислых микроорганизмов: от теории к практике (обзор) // Животноводство и кормопроизводство. 2023. Т. 106. № 4. С. 164-177. [Logvinova TI. The use of propionic acid microorganisms: from theory to practice (review). Animal Husbandry and Fodder Production. 2023;106(4):164-177. (In Russ.)]. doi: 10.33284/2658-3135-106-4-164
8. Методические указания по санитарно-эпидемиологической оценке безопасности и функционального потенциала пробиотических микроорганизмов, используемых для производства пищевых продуктов: метод. указания (МУ 2.3.2.2789-10). М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2011. 104 с. [Metodicheskie ukazaniya po sanitarnojepidemiologicheskoj ocenke bezopasnosti i funkcional'nogo potentsiala probioticheskikh mikroorganizmov, ispol'zuemyh dlja proizvodstva pishhevyh produktov: metod. ukazaniya (MU 2.3.2.2789-10). Moscow: Federal'nyj centr gigeny i jepidemiologii Rospotrebnadzora; 2011:104 p. (In Russ.)].
9. Милентьева И.С., Козлова О.В., Еремеева Н.И. Исследование пробиотических свойств бактерий рода *Propionibacterium* // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия «Пищевые и биотехнологии». 2021. Т. 9, № 2. С. 83-92. [Milentyeva IS, Kozlova OV, Eremeeva NI. Study of probiotic properties of bacteria of the genus *Propionibacterium*. Bulletin of the South Ural State University. Series: Food and Biotechnology. 2021;9(2): 83-92. (In Russ.)]. doi: 10.14529/food210209
10. Овчинников А.А. Продуктивность свиноматок при использовании в рационе пробиотиков // Вестник мясного скотоводства. 2017. № 1(97). С. 119-123. [Ovchinnikov AA. Productivity of sows at the use of probiotics in the ration. Herald of Beef Cattle Breeding. 2017;1(97):119-123. (In Russ.)].
11. Определитель бактерий Берджи: в 2-х т. / Р. Беркли и др.; под ред. Дж. Хоулта и др.; пер. с англ. под ред. акад. РАН Г.А. Заварзина. 9-е изд. М.: Мир, 1997. Т. 1. 429 с. [Berkeley R et al. Bergey's Manual of determinative bacteriology: in 2 volumes, edited by Hoult J et al., translated from English. ed. acad. RAS Zavarzina GA. 9th ed. Moscow: Mir; 1997;1:429 p. (In Russ.)].
12. Орлова Т. Изучение биологической активности пропионовокислых бактерий // The Scientific Heritage. 2021. № 79-2(79). С. 31-33. [Orlova T. The study of biological activity of propionic acid bacteria. The Scientific Heritage. 2021;79-2(79):31-33. (In Russ.)]. doi: 10.24412/9215-0365-2021-79-2-31-33
13. Особенности культивирования пропионовокислых бактерий – компонентов биопрепаратов / Н.А. Головнева, Н.Е. Рябая, А.Н. Морозова, А.А. Самарцев // Микробные биотехнологии: фундаментальные и прикладные аспекты: сб. науч. тр. Минск: РУП «Издательский дом «Беларуская навука», 2018. Т. 10. С. 32-44. [Golovneva NA, Ryabaya NE, Morozova AN, Samartsev AA. Features of cultivation of propionic acid bacteria - components of biological preparations. Mikrobnye biotekhnologii: fundamental'nye i prikladnye aspekty: sb. nauch. tr. Minsk: RUP «Izdatel'skij dom «Belaruskaja navuka». 2018;10:32-44. (In Russ.)].
14. Рожкова Е.П. Классические пропионовокислые бактерии как пробиотики: учеб. пособие. М.: Изд-во биол. факультета Моск. гос. ун-та, 2018. 44 с. [Rozhkova EP. Klassicheskie propionovokislye bakterii kak probiotiki: ucheb. posobie. Moscow: Izdatel'setvo biologicheskogo fakul'teta Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta; 2018:44 p. (In Russ.)].
15. Сверчкова Н., Коломиец Э. Пробиотические препараты для ветеринарии и кормопроизводства // Наука и инновации. 2016. № 5(159). С. 38-39. [Sverchkova N, Kolomiets E. Probiotic preparations for veterinary and feed production. Science and Innovations. 2016;5(159):38-39. (In Russ.)].

16. Хаева О.Э., Икоева Л.П. Выделение и изучение устойчивости пропионовокислых бактерий к кислотному стрессу // Известия Горского гос. аграрного ун-та. 2018. Т. 55. №. 2. С. 152-156. [Khaeva OE, Ikoeva LP. Isolation and study of propionic acid bacteria resistance to acid stress. Proceedings of Gorsky State Agrarian University. 2018;55(2):152-156. (In Russ.)].
17. Хамагаева И.С., Качанина Л.М., Тумурова С.М. Биотехнология заквасок пропионовокислых бактерий. Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2006. 172 с. [Hamagaeva IS, Kachanina LM, Tumurova SM. Biotehnologija zakvasok propionovokislyh bakterij. Ulan-Udje: Izdatel'setvo VSGTU; 2006:172 p. (In Russ.)].
18. Шишин М.В., Просеков А.Ю. Исследование морфологических и антимикробных свойств микроорганизмов кишечного тракта // Техника и технология пищевых производств. 2015. Т. 39. № 4. С. 131-137. [Shishin MV, Prosekov AYU. Investigation of morphological and antimicrobial properties of intestinal tract microorganisms. Food Processing: Techniques and Technology. 2015;39(4):131-137. (In Russ.)].
19. Bellisle F et al. Functional food science and behavior and psychological functions. Brit J Nutr. 1998;80(S1):S173-S193. doi: 10.1079/bjn19980109
20. Fontana L, Bermudez-Brito M, Plaza-Diaz J, Muñoz-Quezada S, Gil A. Sources, isolation, characterisation and evaluation of probiotics. British Journal of Nutrition. 2013;109(S2):S35-S50. doi: 10.1017/s0007114512004011
21. Murray RGE et al. Determination and cytological light microscopy. In: Gerhardt P, Murray RGE, Wood WA, Krieg NR, editors. Methods for General and Molecular Bacteriology. Washington, DC: American Society for Microbiology; 1994:21-41.
22. Thierry A, Deutsch SM, Falentin H, Dalmasso M, Cousin FJ, Jan G. New insights into physiology and metabolism of *Propionibacterium freudenreichii*. International Journal of Food Microbiology. 2011;149(1):19-27. doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2011.04.026
23. Zárate G, Chaia AP. Influence of lactose and lactate on growth and β -galactosidase activity of potential probiotic *Propionibacterium acidipropionici*. Anaerobe. 2012;18(1):25-30. doi: 10.1016/j.anaerobe.2011.12.005
24. Zhang ZF, Kim IH. Effects of multistrain probiotics on growth performance, apparent ileal nutrient digestibility, blood characteristics, cecal microbial shedding, and excreta odor contents in broilers. Poultry Science. 2014;93(2):364-370. doi: 10.3382/ps.2013-03314

References

1. Arifullina LR, Volkova GS. Consortium of bacteria as a basis for creating probiotic additives for livestock production. Storage and Processing of Farm Products. 2018;1:41-45.
2. Boiarineva I, Khamagaeva I, Muruyev I. Research of antibiotic activity and antibiotic resistance of pure cultur of *PROPIONIBACTERIUM FREUDENREICHII SH-85* and *acidophilus bacillus* for further use of cultures in the production of bacterial concentrate. The scientific heritage. 2020;44-2(44):3-6.
3. Bogdanova L, Vasylenko S, Bazhanov D, Yatsevich K, Petrushenia N, Safronenko L. Isolation of propionic acid bacteria and characterization of their physiological, biochemical and biotechnological properties. Topical Issues of Processing of Meat and Milk Raw Materials. 2009;4:48-61.
4. Efimova LV, Udalova TA. Effective microorganisms in the feeding of cattle and pigs. Krasnoyarsk: Krasnoyarsk Research Institute of Animal Husbandry of RAA; 2011:100 p.
5. Tuzikov RA, Lebedev SV, Arinzhanov AE, Arinzhanova MS. Study of the effect of probiotics on productive and hematological parameters of broiler blood. Animal Husbandry and Fodder Production. 2022;105(4):195-207. doi: 10.33284/2658-3135-105-4-195
6. 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

7. Logvinova TI. The use of propionic acid microorganisms: from theory to practice (review). *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2023;106(4):164-177. doi: 10.33284/2658-3135-106-4-164
8. Methodical guidelines for sanitary and epidemiological assessment of safety and functional potential of probiotic microorganisms used for food production: methodical guidelines (MU 2.3.2.2789-10). Moscow: Federal Center of Hygiene and Epidemiology of Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Welfare; 2011:104 p.
9. Milentyeva IS, Kozlova OV, Ereemeeva NI. Study of probiotic properties of bacteria of the genus *Propionibacterium*. *Bulletin of the South Ural State University. Series: Food and Biotechnology*. 2021;9(2): 83-92. doi: 10.14529/food210209
10. Ovchinnikov AA. Productivity of sows at the use of probiotics in the ration. *Herald of Beef Cattle Breeding*. 2017;1(97):119-123.
11. Berkeley R et al. *Bergey's Manual of determinative bacteriology*: in 2 volumes, edited by Hoult J et al., translated from English. ed. acad. RAS Zavarzina GA. 9th ed. Moscow: Mir; 1997;1:429 p.
12. Orlova T. The study of biological activity of propionic acid bacteria. *The Scientific Heritage*. 2021;79-2(79):31-33. doi: 10.24412/9215-0365-2021-79-2-31-33
13. Golovneva NA, Ryabaya NE, Morozova AN, Samartsev AA. Features of cultivation of propionic acid bacteria - components of biological preparations. *Microbial biotechnologies: fundamental and applied aspects: collection of scientific articles* Minsk: RUE «Publishing House «Belaruskaja navuka». 2018;10:32-44.
14. Rozhkova EP. Classical propionic acid bacteria as probiotics: a tutorial. Moscow: Publishing house of the Faculty of Biology, Moscow State University; 2018:44 p.
15. Sverchkova N, Kolomiets E. Probiotic preparations for veterinary and feed production. *Science and Innovations*. 2016;5(159):38-39.
16. Khaeva OE, Ikoeva LP. Isolation and study of propionic acid bacteria resistance to acid stress. *Proceedings of Gorsky State Agrarian University*. 2018;55(2):152-156.
17. Hamagaeva IS, Kachanina LM, Tumurova SM. *Biotechnology of propionic acid bacteria inoculums*. Ulan-Ude: Publishing House of ESSUTM. 2006; 172 p.
18. Shishin MV, Prosekov AYU. Investigation of morphological and antimicrobial properties of intestinal tract microorganisms. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2015;39(4):131-137.
19. Bellisle F et al. Functional food science and behavior and psychological functions. *Brit J Nutrition*. 1998;80(S1):S173-S193. doi: 10.1079/bjn19980109
20. Fontana L, Bermudez-Brito M, Plaza-Diaz J, Muñoz-Quezada S, Gil A. Sources, isolation, characterisation and evaluation of probiotics. *British Journal of Nutrition*. 2013;109(S2):S35-S50. doi: 10.1017/s0007114512004011
21. Murray RGE et al. Determination and cytological light microscopy. In: Gerhardt P, Murray RGE, Wood WA, Krieg NR, editors. *Methods for General and Molecular Bacteriology*. Washington, DC: American Society for Microbiology; 1994:21-41.
22. Thierry A, Deutsch SM, Falentin H, Dalmaso M, Cousin FJ, Jan G. New insights into physiology and metabolism of *Propionibacterium freudenreichii*. *International Journal of Food Microbiology*. 2011;149(1):19-27. doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2011.04.026
23. Zárate G, Chaia AP. Influence of lactose and lactate on growth and β -galactosidase activity of potential probiotic *Propionibacterium acidipropionici*. *Anaerobe*. 2012;18(1):25-30. doi: 10.1016/j.anaerobe.2011.12.005
24. Zhang ZF, Kim IH. Effects of multistrain probiotics on growth performance, apparent ileal nutrient digestibility, blood characteristics, cecal microbial shedding, and excreta odor contents in broilers. *Poultry Science*. 2014;93(2):364-370. doi: 10.3382/ps.2013-03314

Информация об авторах:

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.

Information about the authors:

Tatiana I Logvinova, Cand. Sci. (Biology), Researcher at the Microbiology Laboratory, Federal Research Center of Animal Husbandry named after Academy Member L.K. Ernst, 60 Dubrovitsy, Podolsk district, Moscow region, 142132, tel.: 8(4967)651133.

Статья поступила в редакцию 24.06.2024; одобрена после рецензирования 28.06.2024; принята к публикации 09.09.2024.

The article was submitted 24.06.2024; approved after reviewing 28.06.2024; accepted for publication 09.09.2024.

Животноводство и кормопроизводство. 2024. Т. 107, № 3. С. 174-182.
Animal Husbandry and Fodder Production. 2024. Vol. 107, no 3. P. 174-182.

Научная статья

УДК 639.3.03

doi:10.33284/2658-3135-107-3-174

**Ветеринарное благополучие аквакультуры – важный механизм сохранности поголовья
и увеличения продуктивности отрасли**

Алексей Михайлович Гулюкин¹, Елена Александровна Завьялова², Алексей Евгеньевич Дрошнев³

^{1,2,3}Федеральный научный центр–Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной ветеринарии имени К.И. Скрябина и Я.Р. Коваленко Российской академии наук, Москва, Россия

¹admin@viev.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2160-4770>

²aquazeda@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0785-9654>

³aquazeda@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1110-7052>

Аннотация. Невозможно представить рацион современного человека без использования рыбы и морепродуктов – вкусной и полезной альтернативы мяса животных, высокое содержание витаминов, микроэлементов, жирных кислот в которых обеспечивает крепкий иммунитет, здоровье нервной системы, качественную работу внутренних органов и высокую скорость обменных процессов организма. В условиях ограничения мирового рыболовства именно продукция аквакультуры оказывается более доступной для населения за счёт развития технологий и активного роста сектора. Однако масштабирование и расширение производства повышают риски развития эпизоотий среди выращиваемого поголовья, которые, в свою очередь, могут снижать качество вырабатываемой продукции. Заражение особо опасными болезнями вирусными и/или бактериальной природы опасно гибелью до 90 % поголовья и формированием экономического ущерба на противоэпизоотические мероприятия по купированию заболевания. Поэтому важнейшим способом контроля эпизоотических процессов у гидробионтов является применение иммунобиологических препаратов, разработка и массовое применение которых позволит сократить применение химиотерапевтических средств, тем самым обеспечив ветеринарное благополучие. В ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ разработаны инактивированные моно- и поливалентные вакцины для введения иммерсионно, интраперитонеально и орально (для ревакцинации). Эффективно скомбинированные антигены в композиции позволили, не перегружая иммунную систему рыбы, сформировать защиту от конкретных заболеваний в определённом регионе и оздоровить крупнейшие предприятия аквакультуры Северо-Западного и Южного Федеральных округов от бактериальных возбудителей, сдерживавших развитие производства.

Ключевые слова: аквакультура, индустриальное рыбоводство, продовольственная безопасность страны, вирусные и бактериальные болезни рыб, ветеринарное благополучие, иммунобиологические препараты, вакцины

Для цитирования: Гулюкин А.М., Завьялова Е.А., Дрошнев А.Е. Ветеринарное благополучие аквакультуры – важный механизм сохранности поголовья и увеличения продуктивности отрасли // Животноводство и кормопроизводство. 2024. Т. 107, № 3. С. 174-182. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-107-3-174>

Original article

Veterinary welfare in aquaculture is an important mechanism for protecting fish and increasing the productivity of the industry**Alexey M Gulukin¹, Elena A Zavyalova², Alexey E Droshnev³**^{1,2,3}Federal Research Center–All-Russian Research Institute of Experimental Veterinary Medicine named after K.I. Scriabin and Y.R. Kovalenko of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia¹admin@viev.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2160-4770>²aquazeda@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0785-9654>³aquazeda@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1110-7052>

Abstract. It is impossible to imagine the diet of a modern person without the use of fish and sea food - a tasty and healthy alternative to animal meat. The high content of vitamins, trace elements, fatty acids in which provides strong immunity, the health of the nervous system, high-quality work of internal organs and a high rate of metabolic processes of the organism. In conditions of limited global fisheries, aquaculture products are becoming more accessible to the population due to the development of technology and the active growth of the sector. However, scaling up and expanding production increase the risks of epizootics among the farmed livestock, which, in turn, can reduce the quality of the products produced. Infection with particularly dangerous viral and or bacterial diseases is dangerous with the death of up to 90% of the livestock and the formation of economic damage to antiepidemic measures to stop the disease. Therefore, the most important way to control epizootic processes in aquatic organisms is the use of immunobiological drugs, the development and mass use of which will reduce the use of chemotherapeutic agents, thereby ensuring veterinary well-being. Inactivated mono- and polyvalent vaccines for immersion, intraperitoneal and oral administration (for revaccination) have been developed at the Federal State Budget Scientific Institution “Federal Scientific Centre VIEV”. Effectively combined antigens in the composition made it possible, without overloading the fish's immune system, to form protection against specific diseases in a certain region and to improve the health of the largest aquaculture enterprises in the North-western and Southern Federal Districts from bacterial pathogens that hindered the development of production.

Keywords: aquaculture, industrial fish farming, food security of the country, viral and bacterial diseases of fish, veterinary welfare, immunobiological drugs, vaccine

For citation: Gulukin AM, Zavyalova EA, Droshnev AE. Veterinary welfare in aquaculture is an important mechanism for protecting fish and increasing the productivity of the industry. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2024;107(3):174-182. (In Russ.). <https://doi.org/10.33284/2658-3135-107-3-174>

Введение.

Современный человек в своем рационе отдаёт всё большее предпочтение рыбе – полезной и приятной по вкусовым качествам альтернативе мяса животных. Польза рыбы для организма очевидна: источник жирных кислот омега-3 и омега-6; большого количества йода, необходимых микроэлементов, а также иных полезных веществ – помогает работе щитовидной железы, улучшает обменные процессы в целом. Высокое содержание витаминов группы А, В, Е, D, которые поддерживают иммунитет, обеспечивают здоровье нервной системы, кожи, слизистых оболочек, участвуют в синтезе гемоглобина, тем самым качество рыбы на уровень выше животного мяса. Легкоусвояемый белок, содержащийся в рыбе, необходим для мышц и костей, а полиненасыщенные жирные кислоты повышают стрессоустойчивость, нормализуют сон и настроение в течение дня, дают возможность развиваться умственно, физически, проявлять высокую активность (Обзор рынка аквакультуры..., 2019; Бетин О.И. и др., 2021).

В условиях, когда мировое рыболовство в последние годы характеризуется ограниченным уровнем рентабельности в связи с истощением запасов основных промысловых видов рыб, продукция аквакультуры становится более доступной для населения за счёт развития технологий, что

в свою очередь создаёт условия для роста и развития сектора, таким образом обеспечивается продовольственная безопасность и независимость, эффективное использование водного фонда страны (Алпатов А.В. и др., 2020; Аварский Н.Д. и др., 2020). Развитие отрасли аквакультуры приводит к поиску новых компонентов для организации высокопитательного кормления рыбы, которое направлено на повышение качества готовой продукции и сопровождается выраженными изменениями в росте и развитии гидробионтов (Зуева М.С., 2022; Килякова Ю.В. и др., 2022). При этом производство рыбы даёт максимальную долю мяса для потребления в пищу в пересчёте на корм благодаря высокой его конверсии и значительного выхода продукции для потребления в пищу в общей биомассе (Колончин К.В. и др., 2023; Inarktika, 2024). Таким образом, рыба даёт одну пятую необходимого животного белка для 3,3 млрд человек во всём мире (ФАО, 2018).

Цель исследования.

Проанализировать текущее состояние отрасли и определить роль ветеринарной науки для достижения благополучия, сохранности и увеличения поголовья в аквакультуре.

Результаты исследования и их обсуждение.

По данным Минсельхоза, потребление рыбы и рыбопродуктов в России в 2022 году составило 22,6 кг на человека, при существующих рекомендациях – не менее 22 кг в год. По данным Росстата, ранее на историческом максимуме потребление рыбы на душу населения находилось в 2013-2014 годах – 22,3 кг на человека, но в разные годы потребление снижалось, при этом показатель – гораздо ниже, чем в других странах, например, в Норвегии или Японии рыбы употребляют более 50 кг на душу населения в год. В России уровень самообеспечения рыбой в 2022 году составил 153,3 %, что гораздо больше, чем установлено в Доктрине продовольственной безопасности (85 %).

Однако ряд политических изменений, произошедших в стране в 2022 году, привёл к проблемам с импортом аквакультурной рыбы с Фарерских островов и Чили, ограничениям ввоза посадочного материала из Норвегии и Финляндии, работа в условиях параллельного импорта существенно удорожает получаемую продукцию. В этой ситуации, с учётом ограниченной покупательной способности, население всё чаще переходит на более дешёвый источник белка – мясо птицы, так, по данным Роскачества, потребление россиянами рыбы и морепродуктов по итогам 2023 года уже уменьшилось примерно на 6,2 %.

В то же время аквакультура важна как составляющая часть в доктрине обеспечения продовольственной безопасности страны, создания запасов стратегических пищевых ресурсов, удовлетворения потребности населения в ценных продуктах питания отечественного производства. Таким образом, подотрасль находится в числе приоритетных в проекте «Развитие АПК РФ» (Шардан С.К. и др., 2023; Голубев А.В., 2020).

Стратегия развития рыбохозяйственного комплекса (РХК) Российской Федерации на период до 2030 года (далее – Стратегия) разработана во исполнение поручения раздела I протокола заседания Комиссии Правительства Российской Федерации по вопросам развития рыбохозяйственного комплекса от 28 июня 2017 г. № 2 и направлена на обеспечение динамичного развития рыбохозяйственного комплекса Российской Федерации, обновление производственных фондов, уход от сырьевой направленности экспорта путём стимулирования производства продукции с высокой долей добавленной стоимости, создание благоприятных условий для ведения бизнеса и привлечения инвестиций в отрасль. (Распоряжение Правительства РФ от 08.09.2022 № 2567-р). Целью разработки Стратегии является обеспечение долгосрочного и перспективного развития, импортозамещение критически важных видов продукции, за счёт чего достигается продовольственная безопасность и независимость страны с учётом внешнеполитических и экономических рисков (Рудашевский В.Д. и др., 2022). Переход от экспортно-сырьевого типа к современному пути на основе рационального использования биоресурсов для сохранения и воспроизводства поголовья позволит повысить конкурентоспособность продукции аквакультуры, вырабатываемой комплексом в целом (Колончин К.В., 2020).

При этом проект Стратегии развития РХК предусматривает увеличение объёма продукции товарной аквакультуры до 600 тыс. тонн (Моховиков О.В. и Грунина А.А., 2019).

В этой связи необходимо обратить внимание ветеринарных специалистов и представителей науки на проведение широкомасштабных мероприятий по обеспечению биологической безопасности предприятий аквакультуры в нашей стране с учётом планируемого увеличения выращиваемого поголовья.

По экспертным данным, увеличение выращиваемого поголовья гидробионтов возможно за счёт строительства новых высокотехнологичных предприятий полного цикла, реконструкции существующих рыборепродукторов, и, в незначительной степени, развития частного предпринимательства в сфере аквакультуры (Павлов К.В., 2019).

Масштабирование и интенсификация производства ставят большие задачи по предотвращению развития эпизоотий среди культивируемых гидробионтов, улучшению качества и безопасности получаемой продукции. В связи с этим первоочередным является определение благополучия стран-импортёров рыбопосадочного материала и собственного поголовья в отношении особо опасных инфекционных болезней, список которых представлен в приказе МСХ РФ от 19 декабря 2011 г. № 476, а также широко распространённых хронических и рецидивирующих заболеваний, таких как йерсиниоз, миксобактериозы, аэромоназы и т. п., не подлежащих обязательному декларированию в МЭБ, однако негативно влияющих на биологию гидробионтов и экологичность технологии выращивания.

Для проведения подобного рода работ необходимо объединения потенциала НИИ со специалистами Россельхознадзора и Департамента ветеринарии. Специалисты-ихтиопатологи имеют, как правило, большой опыт диагностики болезней и разработки мер их профилактики и лечения в аквакультуре, так как используют не только знания о патогене, но и о биологии хозяина и особенностях технологического процесса выращивания. Таким образом может быть достигнута основная цель достижения ветеринарного благополучия в аквакультуре, состоящая не в выявлении заболевания и наложении карантина, который влечёт огромные экономические потери, в ряде случаев – ликвидацию предприятия, а в выявлении возбудителя, изучении и предложении путей искоренения проблем в хозяйстве, с последующим ростом продуктивности водоёма и увеличением качественной продукции аквакультуры.

В настоящее время роль ветеринарной науки существенно недооценена органами власти, которые уделяют большое внимание только надзору за отраслью – перекладывая на предприятия ответственность, не предлагая никаких альтернативных решений и помощи. Также в Стратегии развития РХК до 2030 года отмечено, что на отраслевую науку значительно влияют бюджетные ограничения, а это сдерживает развитие отрасли в целом (Саускан В.И. и др., 2019).

Современное индустриальное рыбоводство обязательно применяет интенсивные технологии производства, сопряжённые с высокими плотностями посадки, кормлением высокопродуктивными кормами, часто с использованием подготовленной воды, что позволяет ускорить получение товарной продукции буквально за один вегетационный сезон. Поэтому при нарушениях биотехнологии выращивания, несоблюдении ветеринарно-санитарных норм и использовании заражённого поголовья (или попадании заразного начала в технологический цикл) существуют риски массовой гибели рыб и последующего выноса патогенов в естественные водоёмы, если речь идёт о садковых хозяйствах или сбросе отработанных вод.

Заражение возбудителями особо опасных вирусных болезней из списка МЭБ, передающимися вертикальным путём, т. е. завезёнными с посадочным материалом (оплодотворённой икрой), несомненно, опасно для самого предприятия, так как при вспышке заболевания может погибнуть до 90 % поголовья, что в комплексе с затратами на противоэпизоотические мероприятия формирует колоссальный экономический ущерб. Однако после купирования и санации неблагополучного очага возможно продолжение хозяйствования на локальной территории.

Распространение возбудителей бактериальных заболеваний, неизбежное при скученном содержании, ослабляющем иммунитет, способствует заражению аборигенных гидробионтов в есте-

ственных водоёмах. Бесконтрольное применение антибактериальных препаратов приводит к развитию резистентных форм бактерий, устойчивых практически ко всем группам антибиотиков, применяемых в рыбоводстве, и циркуляции возбудителей в системе постоянного перезаражения после завершения очередного курса терапии, а также нарушению функционирования всего микробиоценоза, включая водную и береговую флору и фауну. Только своевременное выявление таких болезней с изучением биологических свойств возбудителя, антибиотикограммы, а также квалифицированный подход к профилактике и ликвидации таких заболеваний позволит уменьшить материальные затраты и оздоровить хозяйство.

Одним из способов контроля эпизоотических процессов у гидробионтов является применение иммунобиологических препаратов, разработка и массовое применение которых позволит сократить применение химиотерапевтических средств. В мире уже накоплен большой опыт применения вакцин в аквакультуре – с момента создания первой вакцины для лососевых рыб прошло уже более 60 лет. Применение вакцин за рубежом в своё время позволило интенсифицировать пресноводную аквакультуру, долгое время страдавшую от йерсиниоза, развить марикультуру, которую тормозило неизбежное развитие вибриозов при переходе молоди на солёную и фурункулеза – на солоноватую воду.

В настоящее время, когда Россия ставит перед собой задачи интенсификации производства продукции аквакультуры, применение отечественных разработок для обеспечения ветеринарного благополучия становится всё более актуальным. ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ разработаны инактивированные моно- и поливалентные вакцины для введения иммерсионно, интраперитонеально и орально (в качестве ревакцинации). Применение иммерсионной вакцины – не оптимально, так как лишь немногие антигены водорастворимы и формируют мукозальный иммунитет, т. е. введение препаратов через слизистые – устаревший метод вакцинации. Однако при отсутствии альтернативы дающих хорошие результаты, так были оздоровлены некоторые предприятия Республики Карелия и Ленинградской области от йерсиниоза и вибриоза (Дрошнев А.Е. и др., 2018; Дрошнев А.Е. и др., 2017; Дрошнев А.Е. и др., 2012).

Максимально эффективным является введение вакцин интраперитонеально, которое только первоначально кажется сложным, и этот стереотип тормозит вакцинопрофилактику. При этом оборудование для проведения работ имеется в свободной продаже, а использование точечного метода введения препаратов в организм рыбы позволяет эффективно комбинировать антигены в композиции, чтобы, не перегружая иммунную систему, сформировать защиту от конкретных заболеваний в определённом регионе. Использование специалистами ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ такой технологии при выявлении заболеваний на предприятиях и подборе необходимых компонентов позволило оздоровить крупнейшие предприятия аквакультуры Северо-Западного и Южного Федеральных округов от бактериальных возбудителей, сдерживавших развитие производства.

Заключение.

Для успешного продуктивного развития аквакультуры крайне необходимо внедрение как уже разработанных средств и методов диагностики и лечения болезней, так и поддержание рабочих контактов между научной, хозяйственной и властной структурами. Только такой подход позволит реально выявлять существующие проблемы, а также эффективно решать их с применением целого арсенала научных возможностей и достижений.

Список источников

1. Inarktika. Презентация для инвесторов. Март 2024. [Электронный ресурс]. URL: <https://inartika.com/upload/iblock/70d/lcmawvw4rrvhk9dbbmaeixybcoxawkk7.pdf> (дата обращения: 20.05.2024). [Inarktika. Prezentacija dlja investorov. Mart 2024. [Internet]. Available from: <https://inartika.com/upload/iblock/70d/lcmawvw4rrvhk9dbbmaeixybcoxawkk7.pdf> (cited: 2024 May 20). (In Russ.)].

2. Аквакультура: мировой и российский рынок / А.В. Алпатов, А.И. Богачев, К.В. Колончин, А.Н. Ставцев // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. 2020. № 11(68). С. 131-139. [Alpatov AV, Bogachev AI, Kolonchin KV, Stavcev AN. Aquaculture: global and Russian market. Economy, Labor, Management in Agriculture. 2020;11(68):131-139. (In Russ.). doi: 10.33938/2011-131]
3. Бетин О.И., Труба А.С., Черданцев В.П. Расширение ассортимента рыбной продукции // Экономика сельского хозяйства России. 2021. № 1. С. 61-65. [BetinOI, TrubaAS, CherdantsevVP. Expanding the range of fish products. Economics of Agriculture of Russia. 2021;1:61-65. (In Russ.). doi: 10.32651/211-61]
4. Влияние фитобиотических кормовых добавок на рост и морфобиохимические показатели крови рыб / Ю.В. Килякова, Е.П. Мирошникова, А.Е. Аринжанов, М.С. Аринжанова // Животноводство и кормопроизводство. 2022. Т. 105. № 3. С. 115-125. [Kilyakova YuV, Miroshnikova EP, Arinzhanov AE, Arinzhanova MS. Influence of phytobiotic feed additives on growth and morpho-biochemical parameters of fish blood. Animal Husbandry and Fodder Production. 2022;105(3):115-125. (In Russ.). doi: <https://doi.org/10.33284/2658-3135-105-3-115>
5. Голубев А.В. Научно-технологическое обеспечение развития АПК и аквакультуры России в условиях глобальных вызовов // Приоритетные направления научно-технологического развития агропромышленного комплекса: сб. тр. междунар. науч.-практ. онлайн конф., (г. Новосибирск, 13 окт. 2020 г.). Новосибирск: Новосиб. гос. аграр. ун-т, 2020. С. 49-51. [Golubev AV. Nauchno-tehnologicheskoe obespechenie razvitiya APK i akvakul'tury Rossii v usloviyah global'nyh vyzovov. (Conference proceedings) Prioritetnye napravleniya nauchno-tehnologicheskogo razvitiya agropromyshlennogo kompleksa: sb. tr. mezhdunar. nauch.-prakt. Onlajn konf., (g. Novosibirsk, 13 okt. 2020 g.). Novosibirsk: Novosib. gos. agrar. un-t; 2020:49-51. (In Russ.).]
6. Дрошнев А.Е., Булина К.Ю., Завьялова Е.А. Иммунопротективные свойства адьювант-вакцины против вибриоза лососевых рыб // Актуальные вопросы ветеринарной биологии. 2018. № 1(37). С. 20-24. [Droshnev AE, Bulina KY, Zavyalova EA. Immunoprotective properties of vibriosis adjuvant vaccine of the salmonids. Actual Questions of Veterinary Biology. 2018;1(37):20-24. (In Russ.).]
7. Дрошнев А.Е., Гулюкин М.И., Завьялова Е.А. Профилактика вибриоза лососевых рыб при промышленном выращивании // Ветеринария Кубани. 2017. № 2. С. 22-23. [Droshnev AE, Gulyukin MI, Zavyalova EA. Prophylactics of vibriosis of salmonid fishes in industrial aquaculture. Veterinaria Kubani. 2017;2:22-23. (In Russ.).]
8. Дрошнев А.Е., Завьялова Е.А., Хлунов О.В. Разработка новых и совершенствование применяемых методов профилактики вибриоза лососевых рыб // Аграрная наука и образование в условиях становления инновационной экономики: материалы междунар. науч.-практ. конф. / под общ. ред. проф. Г.В. Петровой. Оренбург: Издат. центр ОГАУ, 2012. Ч. 1. С. 340-344. [Droshnev AE, Zavyalova EA, Chlunov OV. Razrabotka novykh i sovershenstvovanie primenyaemykh metodov profilaktiki vibriosa lososevyh ryb. (Conference proceedings) Agrarnaya nauka i obrazovanie v usloviyah stanovleniya innovacionnoy ekonomiki. Materialy mezhdunar. nauch.-prakt. konf. pod obshh. red. prof. G.V. Petrovoj. Orenburg: Izdatel'skij centr OGAU; 2012;1:340-344. (In Russ.).]
9. 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. Animal Husbandry and Fodder Production. 2022;105(4):146-164. (In Russ.). doi: <https://doi.org/10.33284/2658-3135-105-4-146>
10. Колончин К.В. Основные положения стратегии развития рыбохозяйственного комплекса на период до 2030 года: проблемы, задачи, приоритеты // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий, 2020. № 5. С. 12-24. [Kolonchin KV. Main provisions of the strategy for the development of the fisheries sector for the period up to 2030: problems, tasks, priorities. Economy of Agricultural and Processing Enterprises. 2020;5:12-24. (In Russ.). doi: 10.31442/0235-2494-2020-0-5-12-24]

11. Колончин К.В., Труба М.А., Кузичева Н.Ю. Тенденции развития аквакультуры в России: перспективы качественного улучшения продовольственной безопасности и устойчивого роста экономического потенциала отрасли // Продовольственная политика и безопасность. 2023. Т. 10. № 3. С.533-546. [Kolonchin KV, Truba MA, Kuzicheva NYu. Trends in the development of aquaculture in Russia: prospects for qualitative improvement of food security and sustainable growth of the industry's economic potential. Food Policy and Security. 2023;10(3):533-546. (*In Russ.*)]. doi: 10.18334/ppib.10.3.118265
12. Моховиков О.В., Грунина А.А. Перспективы Российской аквакультуры // Дельта науки. 2019. № 1. С. 10-12. [Mochovikov OV, Grunina AA. Perspektivy Rossijskoj akvakul'tury. Del'ta nauki. 2019;1:10-12. (*In Russ.*)].
13. Обзор рынка аквакультуры государств-членов Евразийского экономического союза. М., 2019. 65 с. [Obzor rynka akvakul'tury gosudarstv-chlenov Evrazijskogo ekonomicheskogo soyuza. Moscow; 2019:65 p. (*In Russ.*)].
14. Павлов К.В. Оценка развития аквакультуры в России // Теория и практика экономики и предпринимательства: сб. тр. конф., (Симферополь-Гурзуф, 18-20 апр. 2019 г.). Симферополь: ИП Зуева Т. В., 2019. С. 41-42. [Pavlov KV. Ocenka razvitiya akvakul'tury v Rossii. (Conference proceedings) Teorija i praktika jekonomiki i predprinimatel'stva: sb. tr. konf., (Simferopol'-Gurzuf, 18-20 apr. 2019 g.). Simferopol': IP Zueva TV; 2019:41-42. (*In Russ.*)].
15. Развитие товарной аквакультуры в России: состояние и ключевые направления / Н.Д. Аварский, К.В. Колончин, С.Н. Серёгин, О.И. Бетин // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. 2020. №8(65). С. 74-90. [Avarskii ND, Kolonchin KV, Seregin SN, Betin OI. Development of commodity aquaculture in Russia: state and key areas. Economy, Labor, Management in Agriculture. 2020;8(65):74-90. (*In Russ.*)]. doi: 10.33938/208-74
16. Рудашевский В.Д., Мухамедова Т.О., Павлова А.О. Анализ программ развития рыбохозяйственного комплекса России в новой экономике // Труды ВНИРО, 2022. Т. 190. С. 143-153. [Rudashevsky VD, Mukhamedova TO, Pavlova AO. Analysis of programs for the development of the Russian fisheries complex in the new economy. Trudy VNIRO. 2022;190:143-153. (*In Russ.*)]. doi: 10.36038/2307-3497-2022-190-143-153
17. Саускан В.И., Осадчий В.М., Архипов А.Г. Некоторые аспекты реализации стратегии развития рыбного хозяйства России до 2030 г. // Балтийский морской форум: Материалы VII Междунар. Балтийского морского форума (г. Калининград, 07-12 окт. 2019 г.). Калининград: Балтийская гос. академия рыбопромыслового флота ФГБОУ ВО «КГТУ», 2019. Т. 3. С. 151-160. [Sauskan VI, Osadchiy VM, Arkhipov AG. Some aspects of implementation of the strategy of development of fish economy of Russia till 2030. (Conference proceedings) Baltijskij morskoj forum: Materialy VII Mezhdunar. Baltijskogo morskogo foruma (g. Kaliningrad, 07-12 okt. 2019 g.). Kaliningrad: Baltijskaja gosudarstvennaja akademija rybopromyslovogo flota FGBOU VO «KGTU»; 2019;3:151-160. (*In Russ.*)].
18. ФАО. Состояние мирового рыболовства и аквакультуры 2018. Достижение целей и устойчивого развития. Рим: ФАО, 2018. 226 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/i9540ru> (дата обращения: 20.05.2024). [FAO. The State of World Fisheries and Aquaculture 2018. Meeting the sustainable development goals. Rim: FAO; 2018:226 p. [Internet]. Available from: <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/i9540ru> (cited: 2024 May 20). (*In Russ.*)].
19. Шардан С.К., Хамукова Ж.П., Кахарова А.С. Современные проблемы развития АПК России и перспективы его развития // Журнал монетарной экономики и менеджмента. 2023. № 3. С. 174-179. [Shardan SK, Khamukova ZhP, Kakharova AS. Modern problems of the development of the agro-industrial complex of Russia and prospects for its development. Journal of Monetary Economics and Management. 2023;3:174-179. (*In Russ.*)]. doi: 10.26118/2782-4586.2023.69.13.025

References

1. Inarktika. Presentation for investors. March 2024. [Internet]. Available from: <https://inartica.com/upload/iblock/70d/lcmawvw4rrvhk9dbbmaeixybcoxawkk7.pdf> (cited: 2024 May 20).
2. Alpatov AV, Bogachev AI, Kolonchin KV, Stavcev AN. Aquaculture: global and Russian market. *Economy, labor, management in agriculture*. 2020;11(68):131-139. doi: 10.33938/2011-131
3. Betin OI, Truba AS, Cherdantsev VP. Expanding the range of fish products. *Economics of Agriculture of Russia*. 2021;1:61-65. doi: 10.32651/211-61
4. Kilyakova YuV, Miroshnikova EP, Arinzhanov AE, Arinzhanova MS. Influence of phytobiotic feed additives on growth and morphobiochemical parameters of fish blood. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2022;105(3):115-125. doi: <https://doi.org/10.33284/2658-3135-105-3-115>
5. Golubev AV. Scientific and technological support for the development of the agro-industrial complex and aquaculture in Russia in the context of global challenges. (Conference proceedings) Priority directions of scientific and technological development of agro-industrial complex: collection of works of the international scientific and practical online conference, (Novosibirsk, 13 October 2020). Novosibirsk: Novosibirsk State Agrarian University; 2020:49-51.
6. Droshnev AE, Bulina KY, Zavyalova EA. Immunoprotective properties of vibriosis adjuvant vaccine of the salmonids. *Actual Questions of Veterinary Biology*. 2018;1(37):20-24.
7. Droshnev AE, Gulyukin MI, Zavyalova EA. Prophylactics of vibriosis of salmonid fishes in industrial aquaculture. *Kuban Veterinary*. 2017;2:22-23.
8. Droshnev AE, Zavyalova EA, Chlunov OV. Development of new and improvement of existing methods of vibriosis prophylaxis in salmonids. (Conference proceedings) Agrarian science and education in the conditions of formation of innovation economy: materials of the international scientific and practical conference. edited by Prof. G.V. Petrova. Orenburg: OSAU Publishing Center; 2012;1:340-344.
9. Zueva MS. Modern experience of including biologically active feed additives in the diet of fish. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2022;105(4):146-164. doi: <https://doi.org/10.33284/2658-3135-105-4-146>
10. Kolonchin KV. Main provisions of the strategy for the development of the fisheries sector for the period up to 2030: problems, tasks, priorities. *Economy of Agricultural and Processing Enterprises*. 2020;5:12-24. doi: 10.31442/0235-2494-2020-0-5-12-24
11. Kolonchin KV, Truba MA, Kuzicheva NYu. Trends in the development of aquaculture in Russia: prospects for qualitative improvement of food security and sustainable growth of the industry's economic potential. *Food Policy and Security*. 2023;10(3):533-546. doi: 10.18334/ppib.10.3.118265
12. Mochovikov OV, Grunina AA. Prospects for Russian aquaculture. *Delta Science*. 2019;1:10-12.
13. Overview of the aquaculture market in the Eurasian Economic Union member states. Moscow; 2019:65 p.
14. Pavlov KV. Assessment of aquaculture development in Russia. (Conference proceedings) Theory and practice of economics and entrepreneurship: Proceedings of the conference, (Simferopol'-Gurzuf, 18-20 April 2019). Simferopol': IE Zueva TV; 2019:41-42.
15. Avarskii ND, Kolonchin KV, Seregin SN, Betin OI. Development of commodity aquaculture in Russia: state and key areas. *Economy, Labor, Management in Agriculture*. 2020;8(65):74-90. doi: 10.33938/208-74
16. Rudashevsky VD, Mukhamedova TO, Pavlova AO. Analysis of programs for the development of the Russian fisheries complex in the new economy. *Proceedings of Russian Federal Research Institute Of Fisheries and Oceanography*. 2022;190:143-153. doi: 10.36038/2307-3497-2022-190-143-153
17. Sauskan VI, Osadchiy VM, Arkhipov AG. Some aspects of implementation of the strategy of development of fish economy of Russia till 2030. (Conference proceedings) Baltic Marine Forum: Proceedings of the VII International Baltic Marine Forum (Kaliningrad, 07-12 October, 2019). Kaliningrad: Baltic State Academy of Fishing Fleet FSBEU HO "KSTU"; 2019;3:151-160.

18. FAO. The State of World Fisheries and Aquaculture 2018. Meeting the sustainable development goals. Rim: FAO; 2018:226 p. [Internet]. Available from: <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/i9540ru> (cited: 2024 May 20).

19. Shardan SK, Khamukova ZhP, Kakharova AS. Modern problems of the development of the agro-industrial complex of Russia and prospects for its development. *Journal of Monetary Economics and Management*. 2023;3:174-179. doi: 10.26118/2782-4586.2023.69.13.025

Информация об авторах:

Алексей Михайлович Гулюкин, доктор ветеринарных наук, член-корреспондент РАН, ведущий научный сотрудник лаборатории эпизоотологии, Федеральный исследовательский центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной ветеринарии им. К.И. Скрябина и Ю.Р. Коваленко Российской академии наук, 109428, Москва, Рязанский проспект, д. 24, стр. 1.

Елена Александровна Завьялова, кандидат биологических наук, зав. лабораторией ихтиопатологии, Федеральный исследовательский центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной ветеринарии им. К.И. Скрябина и Ю.Р. Коваленко Российской академии наук, 109428, Москва, Рязанский проспект, д. 24, стр. 1.

Алексей Евгеньевич Дрошнев, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории ихтиопатологии, Федеральный исследовательский центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной ветеринарии им. К.И. Скрябина и Ю.Р. Коваленко Российской академии наук, 109428, Москва, Рязанский проспект, д. 24, стр. 1.

Information about the authors:

Alexey M Gulyukin, Dr. Sci (Veterinary), Corresponding Member of Russian Academy of Sciences, Leading Researcher, Laboratory of Epizootology, Federal Research Center–All-Russian Research Institute of Experimental Veterinary Medicine named after K.I. Scriabin and Y.R. Kovalenko of the Russian Academy of Sciences, Moscow, 24, Ryazanskiy prospect, build. 1, Moscow, 109428.

Elena A Zavyalova, Cand. Sci. (Biology), Head of the Laboratory of Ichthyopathology, Federal Research Center–All-Russian Research Institute of Experimental Veterinary Medicine named after K.I. Scriabin and Y.R. Kovalenko of the Russian Academy of Sciences, Moscow, 24, Ryazanskiy prospect, build. 1, Moscow, 109428.

Alexey E Droshnev, Cand. Sci. (Biology), Leading Researcher of the Laboratory of Ichthyopathology, Federal Research Center–All-Russian Research Institute of Experimental Veterinary Medicine named after K.I. Scriabin and Y.R. Kovalenko of the Russian Academy of Sciences, Moscow, 24, Ryazanskiy prospect, build. 1, Moscow, 109428.

Статья поступила в редакцию 03.06.2024; одобрена после рецензирования 10.06.2024; принята к публикации 09.09.2024.

The article was submitted 03.06.2024; approved after reviewing 10.06.2024; accepted for publication 09.09.2024.

Животноводство и кормопроизводство. 2024. Т. 107, № 3. С. 183-191.
Animal Husbandry and Fodder Production. 2024. Vol. 107, no 3. P. 183-191.

Научная статья
УДК 633.173:631.52
doi:10.33284/2658-3135-107-3-183

ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВО

**Об эффективности оценки селекционного материала проса посевного на основе
рекомбинационной способности**

Рамиль Дамирович Камалеев¹, Антонина Александровна Новикова²

¹²Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, Оренбург, Россия

¹kamaleevramil79@yandex.ru

²tony-novikova@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6947-9262>

Аннотация. Эффективность селекционного процесса обеспечивается комплексом приёмов оценки исходного материала. Рекомбинационный потенциал родительских форм – важный признак, который необходимо учитывать при вовлечении сортообразцов в гибридизацию. Объектом исследования стали 36 сортов проса посевного. Рекомбинационную способность рассчитывали по каждому сорту как отношение количества созданных комбинаций к количеству сортообразцов, дошедших до конкурсного сортоиспытания. В результате анализа выделены сорта, которые лучше включать в гибридизацию в качестве материнской линии, т. к. коэффициент рекомбинационного потенциала (КРП) у них выше в прямых скрещиваниях, и сорта, обладающие высоким КРП в обратных скрещиваниях, включение которых в селекционный процесс целесообразно только в качестве отцовской линии.

Ключевые слова: просо посевное, селекция, исходные формы, рекомбинационная способность, родительский сорт, гибридизация

Благодарности: работа выполнена в соответствии с планом НИР на 2022-2026 гг. ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН (FNWZ-2022-0015).

Для цитирования: Камалеев Р.Д., Новикова А.А. Об эффективности оценки селекционного материала проса посевного на основе рекомбинационной способности // Животноводство и кормопроизводство. 2024. Т. 107, № 3. С. 183-191. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-107-3-183>

GEOPONICS AND CROP PRODUCTION

Original article

On the efficiency of evaluation of seed millet breeding material based on recombination ability

Ramil D Kamaleev¹, Antonina A Novikova²

¹²Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia

¹kamaleevramil79@yandex.ru

²tony-novikova@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6947-9262>

Abstract. The effectiveness of the breeding process is ensured by a set of techniques for evaluating the source material. The recombination potential of the parent forms is an important feature that must be taken into account when involving cultivars in hybridization. The object of the study was 36 varieties of millet. The recombination ability was calculated for each variety as the ratio of the number of combina-

tions created to the number of varieties that reached the competitive variety testing. As a result of the analysis, varieties were identified that are better included in hybridization as a maternal line, since their recombination potential coefficient (RPC) is higher in direct crosses, and varieties with high RPC in reverse crosses, the inclusion of which in the breeding process is advisable only in paternal line.

Keywords: seed millet, breeding, initial forms, recombination ability, parent variety, hybridization

Acknowledgments: the work was carried out in accordance with the research plan for 2022-2026 of the FSBRI FRC BST RAS (FNWZ-2022-0015).

For citation: Kamaleev RD, Novikova AA. On the efficiency of evaluation of seed millet breeding material based on recombination ability. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2024;107(3):183-191. (In Russ.). <https://doi.org/10.33284/2658-3135-107-3-183>

Введение.

Одним из механизмов реализации «Доктрины продовольственной безопасности России» является увеличение объёма производства зерновой продукции. Модернизация сельскохозяйственных машин и оборудования, разработка и применение средств защиты растений, внедрение новых агротехнологических приёмов, внедрение биотехнологических и молекулярно-генетических методов в селекционный процесс в итоге направлены на увеличение выхода зерна с единицы площади. Эффективность перечисленных мер обеспечивается правильным выбором сортов сельскохозяйственных культур для каждой климатической зоны.

В свою очередь, селекция – главный путь решения задач лучшей адаптации растений к природно-климатическим условиям районов выращивания. Внедрение нового сорта в земледелии было и остаётся пока одним из основных средств повышения продуктивности и улучшения качественных характеристик продукции, не требующих дополнительных затрат при возделывании его в производстве (Антимонов А.К. и др., 2018).

Основой селекционного процесса являются базовые формы, максимально приспособленные к условиям произрастания и обладающие комплексом хозяйственно-ценных признаков. Чем разнообразнее генетический материал, тем успешней идёт селекционная работа. Возможности сорта в реализации потенциала урожайности, устойчивости к стрессовым факторам, его технология возделывания зависят от условий выращивания (Сокурова Л.Х., 2022; Новикова А.А. и др., 2023; Регер Н.С. и др., 2022).

В связи с этим многие селекционные учреждения (Поволжский НИИ селекции и семеноводства им. П.Н. Константинова, Кабардино-Балкарский НИИСХ, Воронежский НИИСХ им. В.В. Докучаева и др.) занимаются изучением образцов мировых коллекций сельскохозяйственных культур, в том числе проса, с целью выделения источников с необходимыми признаками (Сокурова Л.Х., 2019; Тихонов Н.П. и др., 2018).

За многолетний период селекционной работы в каждом научном учреждении накоплен большой объём информации, позволяющий оценивать генотипы не только по урожайности, но и по адаптивному потенциалу, экологической пластичности и стабильности, комбинационной способности (Сурков А.Ю., 2014).

Изначально метод оценки комбинационной способности применяли при работе с перекрёстноопыляемыми культурами. Известность он получил при работе с кукурузой. Сегодня этот метод широко используют в селекции самоопылителей. О преимущественном использовании оценки рекомбинации базового селекционного материала отмечено и в работах Н.И. Тишкова (2011). Он пишет, что успех селекционной работы во многом зависит от рекомбинационной способности конкретного сорта. Исследования автора показывают, что основой каждой перспективной линии является сорт с высокой рекомбинационной способностью (Тишков Н.И., 2011).

Цель исследований.

Оценка родительских линий проса посевного по рекомбинационной способности и выявление ценных форм для создания гибридного материала.

Материалы и методы исследования.

Объект исследований. Сорта проса посевного оренбургской селекции и образцы из мировой коллекции Всероссийского научно-исследовательского института растениеводства им. Н.И. Вавилова.

Схема эксперимента. Коэффициент рекомбинационного потенциала считали по методике, предложенной Н.И. Тишковым (2011), которая базируется на частоте участия родительской формы в создании новой линии, вышедшей в конкурсное сортоиспытание.

В основе расчета рекомбинационной способности генотипа лежал анализ многолетних данных по комбинациям скрещиваний, сгруппированных относительно сортов, вовлечённых в гибридизацию.

Коэффициент рекомбинационной способности рассчитывали по каждому сорту, как отношение количества созданных комбинаций к количеству сортообразцов дошедших до конкурсного сортоиспытания (формула 1).

$$КРП = \frac{Пл}{Кс} \quad (1),$$

где: КРП – коэффициент рекомбинационного потенциала,

Кс – количество комбинаций скрещиваний с участием родительской формы, из которых выделены перспективные линии,

Пл – количество перспективных линий, дошедших до конкурсного испытания.

Градация и оценка рекомбинационного потенциала представлена в таблице 1.

Таблица 1. Критерии оценки рекомбинационного потенциала
 Table 1. Criteria for assessing the recombination potential

Значение коэффициента КРП / <i>Value of the RPC coefficient</i>	Степень проявления / <i>Degree of manifestation</i>
до 0,10 / before 0.10	очень низкий / very low
0,10-0,29	низкий / low
0,30-0,50	средний / medium
более 0,50 / more than 0.50	высокий / high

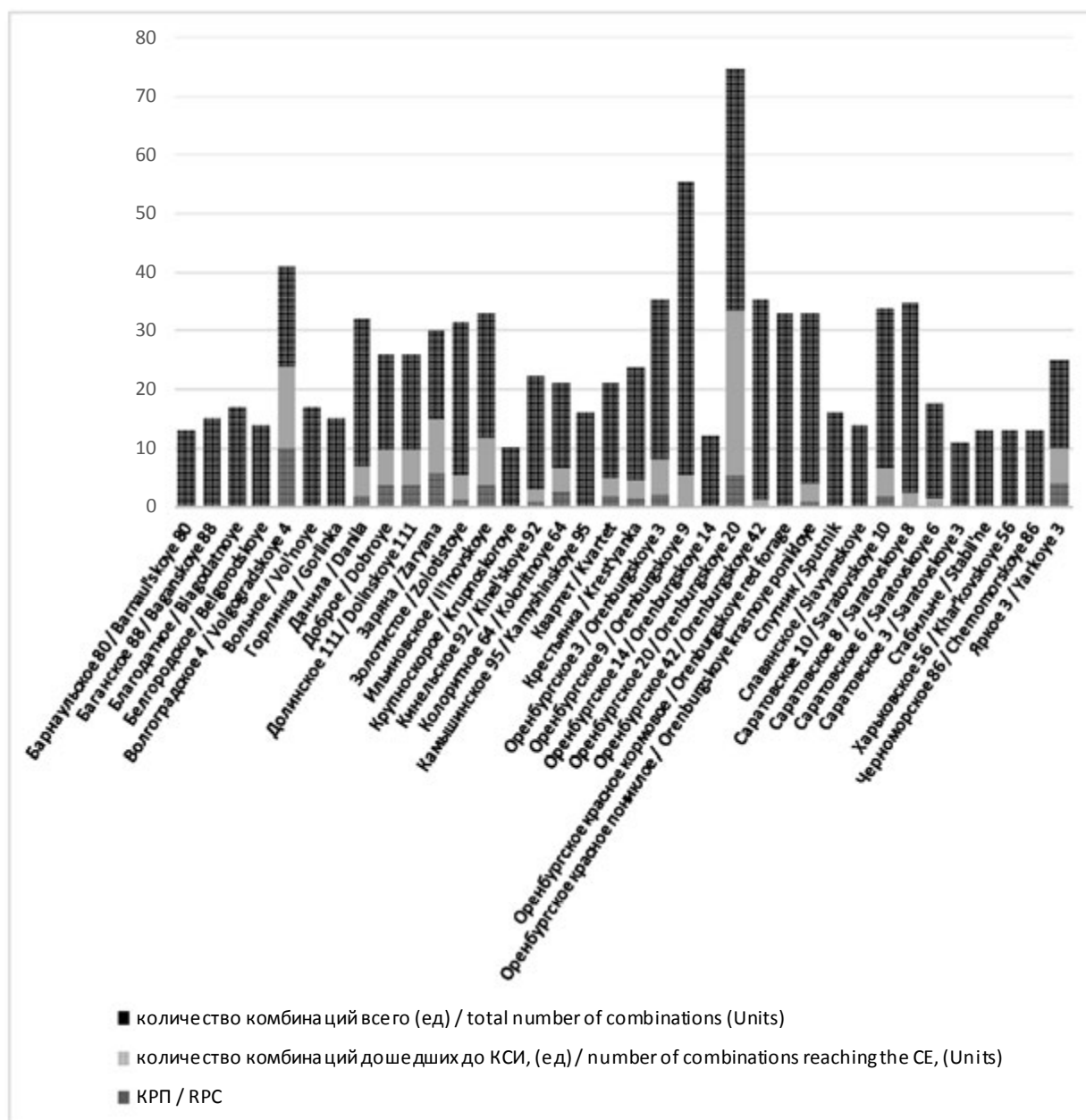
КРП сорта определялся отдельно по прямым и обратным скрещиваниям.

Оборудование и технические средства. Селекционная работа проводилась на базе лаборатории селекции проса посевного в соответствии с методикой государственного сортоиспытания и с использованием оборудования ЦКП БСТ РАН (<http://цкп-бст.рф>).

Статистическая обработка. Обработку полученных данных выполняли методом дисперсионного анализа (Доспехов Б.А., 1985). Статистический анализ проводили с использованием компьютерной программы «Microsoft Excel» («Microsoft», США).

Результаты исследования.

Результаты анализа комбинаций простых скрещиваний и выхода перспективных линий в конкурсное испытание приведены на рисунках 1 и 2. За 25-летний период в гибридизацию было вовлечено 36 сортов. Рекомбинационный потенциал отличался в зависимости от сорта и варьировал в прямых скрещиваниях от 0,03 до 0,82, в обратных – от 0,05 до 0,6. Высокий КРП в прямых скрещиваниях отмечен у сортов: Волгоградское 4 – 0,82 ($P \leq 0.05$), Заряна – 0,6 ($P \leq 0.05$), средний у сортов Яркое 3 – 0,4, Ильиновское – 0,38, Доброе – 0,38, Долинское 111 – 0,38. Из 36 сортов у 16 он был равен нулю. В обратных скрещиваниях высокий коэффициент рекомбинационного потенциала имели сорта: Багановское 88 – 0,6, Саратовское 3 – 0,59 ($P \leq 0.05$), средний: Славянское – 0,38. Из 35 сортов 12 в обратных скрещиваниях имели КРП, равный нулю.



Примечание: КСИ – конкурсное испытание

Note: CT – competitive test

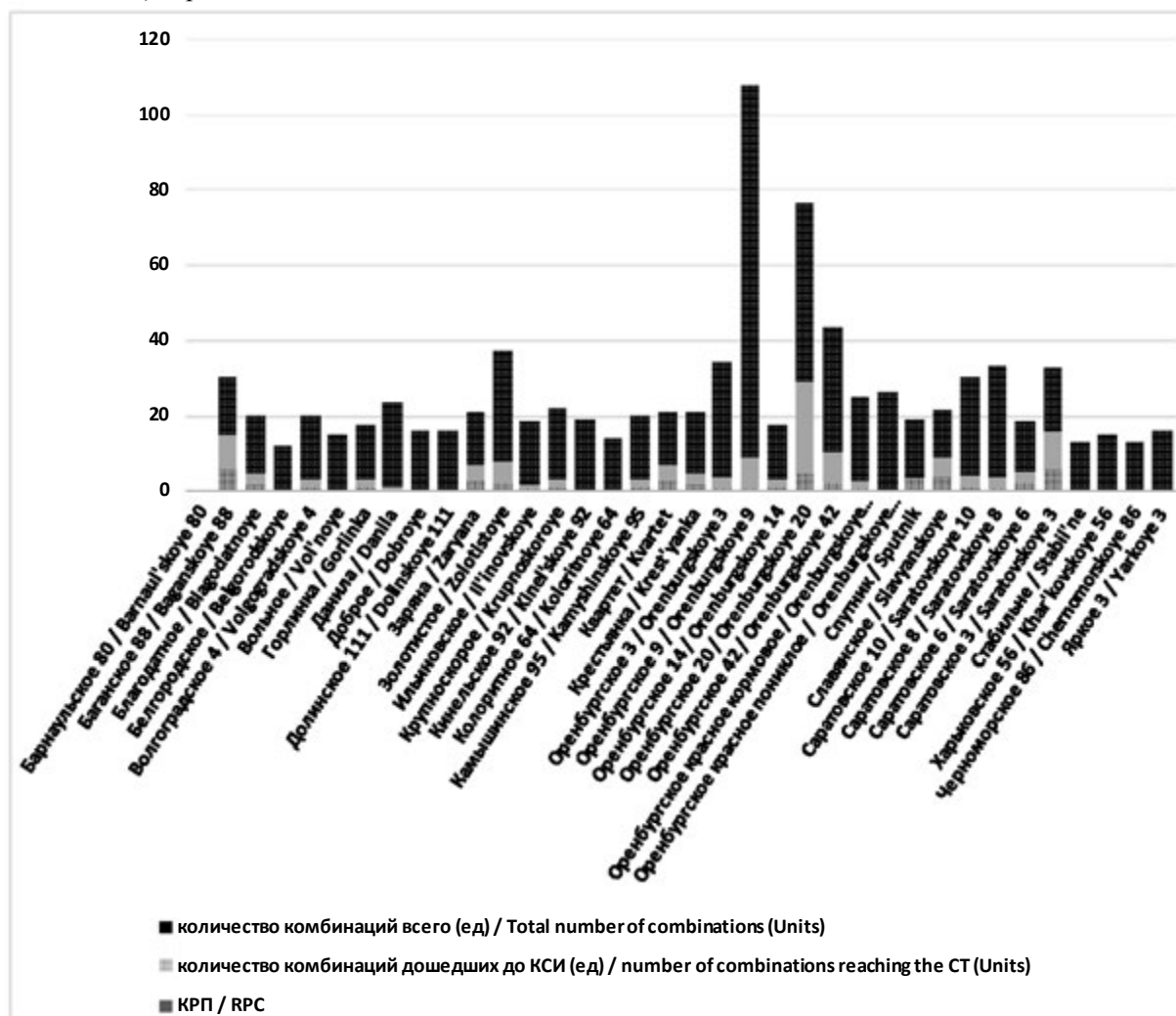
Рисунок 1. Информация по количеству прямых скрещиваний и коэффициенту рекомбинационного потенциала базового селекционного материала

Figure 1. Information on the number of direct crosses and the coefficient of recombination potential of the basic breeding material

Необходимо отметить, что использование одного сорта при разных видах скрещиваниях даёт разное значение коэффициента рекомбинационной способности. Так, сорт проса Волгоградское 4, имея высокий КРП в прямых скрещиваниях, не отличился высоким рекомбинационным по-

тенциал в обратных, а Барнаульское 80 при очень высоком КРП в обратном скрещивании не дал перспективного потомства при использовании его в качестве материнской линии.

Из сортов оренбургской селекции высокую рекомбинационную способность имел сорт Оренбургское 20, причём это относится как к прямым (КРП – 0,55, $P \leq 0.05$), так и обратным (КРП – 0,51, $P \leq 0.05$) скрещиваниям.



Примечание: КСИ – конкурсное испытание
Note: CT – competitive test

Рисунок 2. Информация по количеству обратных скрещиваний и коэффициенту рекомбинационного потенциала базового селекционного материала
Figure 2. Information on the number of reverse crosses and the coefficient of recombination potential of the basic breeding material

Обсуждение полученных результатов.

Успешность селекционного процесса во многом зависит от базового родительского материала. Знание рекомбинационной способности даёт возможность более полно оценить вклад генотипа в формообразовательный процесс селекции для конкретных условий среды. Эффективность использования КРП для оценки родительских форм отмечается при работе с такими культурами, как

кукуруза, картофель, ячмень (Гуторова О.В. и Зайцев С.А., 2022; Компанеев Е.В. и др., 2017; Гудзенко В.Н. и Полищук Т.П., 2018).

Уровень рекомбинационной способности сорта зависит от многих факторов и может быть как высоким, так и низким (Pesaraklu S et al., 2016). В нашей работе, как и в других исследованиях (Бочкарева Э.Б. и др., 2020; Шанина Е.П. и др., 2016), на значения рекомбинационной способности влиял вид скрещивания.

Таким образом, оценка перспективности исходного материала по выходу селекционных номеров в конкурсное испытание может стать дополнительным инструментом в подборе родительских форм для гибридизации по видам скрещивания. На основании полученных результатов выявлено, что сорта проявляют разную рекомбинационную способность в зависимости от вида скрещивания (прямое или обратное).

Заключение.

Для повышения эффективности селекционного процесса при получении новых гибридов необходимо привлекать сорта с высоким и средним уровнем КРП. Сорта: Волгоградское 4, Заряна, Яркое 3, Ильиновское, Доброе, Долинское 111 целесообразно использовать в качестве материнской формы, а сорта: Багановское 88, Саратовское 3, Славянское – в качестве отцовской. Оренбургское 20, как исходный материал, является универсальным сортом, его можно использовать в качестве родительской формы как при прямых, так и при обратных скрещиваниях.

Список источников

1. Гудзенко В.Н., Полищук Т.П. Оценка генетических компонентов и комбинационной способности многорядного озимого ячменя по длине колоса в условиях Лесостепи Украины // Plant Varieties Studying and Protection. 2018. Т. 14. № 1. С. 52-57. [Hudzenko VM, Polischuk TP. Evaluation of genetic components and combining ability for spike length in winter six-rowed barley under conditions of Forest-Steppe of Ukraine. Plant Varieties Studying and Protection. 2018;14(1):52-57. (In Russ.)]. doi: 10.21498/2518-1017.14.1.2018.126505
2. Гуторова О.В., Зайцев С.А. Комбинационная способность линий кукурузы и генетический контроль морфометрических параметров // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология. 2022. Т. 22. № 2. С. 187-192. [Gutorova OV, Zaitsev SA. Combination ability of corn lines and genetic control of morphometric parameters. Izvestiya of Saratov University. New Series. Series: Chemistry. Biology. Ecology. 2022;22(2):187-192. (In Russ.)]. doi: 10.18500/1816-9775-2022-22-2-187-192
3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта: (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с. [Dospikhov BA. Metodika polevogo opyta: (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy). 5-e izd., dop. i pererab. Moscow: Agropromizdat; 1985:351 p. (In Russ.)].
4. Интродуцирование новых генисточников проса посевного для селекции в условиях Среднего Поволжья / А.К. Антимонов, О.Н. Антимонова, Л.Ф. Сыркина, Л.А. Косых // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2018. № 11-1. С. 154-157. [Antimonov AK, Antimonova ON, Syrkina LF, Kosykh LA. Introduction new gene sources broomcorn millet for breeding under the conditions in the middle Volga region. International Journal of Humanities and Natural Sciences. 2018;11(1):154-157. (In Russ.)]. doi: 10.24411/2500-1000-2018-10174
5. Комбинационная способность новых ЦМС-линий рапса озимого (*Brassica napus* L.) селекции ВНИИМК / Э.Б. Бочкарева, Е.А. Стрельников, Л.А. Горлова, В.В. Сердюк // Масличные культуры. 2020. № 4(184). С. 18-23. [Bochkareva EB, Strelnikov EA, Gorlova LA, Serdyuk VV. Com-

binning ability of the new CMS-lines of winter rapeseed (*Brassica napus* L.) bred at VNIIMK. *Oil Crops*. 2020;4(184):18-23. (*In Russ.*). doi: 10.25230/2412-608X-2020-4-184-18-23

6. Комбинационная способность сортов ячменя ярового в системе прямых диаллельных скрещиваний / Е.В. Компанец и др. // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2017. Т. 21. № 5. С. 537-544. [Kompanets EV et al. Combining ability of spring barley varieties in the direct diallel cross system. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2017;21(5):537-544. (*In Russ.*)]. doi: 10.18699/VJ17.271

7. Регер Н.С., Бесалиев И.Н., Панфилов А.Н. Особенности формирования продуктивности посевов гороха и овса при применении биостимуляторов в засушливых условиях оренбургского Предуралья // Животноводство и кормопроизводство. 2022. Т. 105. № 1. С. 171-181. [Reger NS, Besaliev IN, Panfilov AL. Peculiarities of productivity formation of pea crops and oats after using biostimulants in arid conditions of the Orenburg Cis-Urals. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2022;105(1):171-181. (*In Russ.*)]. doi: 10.33284/2658-3135-105-1-171

8. Сокурова Л.Х. Значение и изучение исходного материала проса посевного для условий Кабардино-Балкарской республики // Зернобобовые и крупяные культуры. 2022. № 4(44). С. 116-124. [Sokurova LH. Creation and evaluation of the source material of millet for the conditions of the Kabardino-Balkarian republic. *Legumes and Groat Crops*. 2022;4(44):116-124. (*In Russ.*)]. doi: 10.24412/2309-348X-2022-4-116-124

9. Сокурова Л.Х. Создание и оценка исходного материала для селекции проса в Кабардино-Балкарии // Научная жизнь. 2019. Т. 14. № 10(98). С. 1522-1529. [Sokurova LKh. Creation and evaluation of source material for breeding millet in Kabardino-Balkaria. *Scientific Life*. 2019;14(10-98):1522-1529. (*In Russ.*)]. doi: 10.35679/1991-9476-2019-14-10-1522-1529

10. Сурков А.Ю. Итоги и перспективы селекции проса в Воронежском НИИСХ имени В.В. Докучаева // Зернобобовые и крупяные культуры. 2014. № 2(10). С. 56-59. [Surkov AYU. Results and prospects of selection of millet in Voronezh scientific research institute of agricultural of name of V.V. Dokuchayev. *Legumes and Groat Crops*. 2014;2(10):56-59. (*In Russ.*)].

11. Тихонов Н.П., Тихонова Т.В., Милкин А.А. Адаптивность и урожайность сортов проса селекции ФГБНУ «НИИСХ Юго-Востока» // Зернобобовые и крупяные культуры. 2018. № 4(28). С. 78-82. [Tikhonov NP, Tikhonova TV, Milkin AA. Adaptivity And productivity of millet varieties bred by the FGBNU "Agricultural Research Institute of South-East". *Legumes and Groat Crops*. 2018;4(28):78-82. (*In Russ.*)]. doi: 10.24411/2309-348X-2018-11053

12. Тишков Н.И. Адаптивная и рекомбинационная способность сортов // Селекция ярового ячменя, яровой пшеницы и проса посевного для условий Оренбургской области. Оренбург, 2011. С. 18-25. [Tishkov NI. Adaptivnaja i rekombinacionnaja sposobnost' sortov. Selekcija jarovogo jachmenja, jarovoj pshenicy i prosa posevnogo dlja uslovij Orenburgskoj oblasti. Orenburg; 2011:18-25. (*In Russ.*)].

13. Устойчивость образцов ячменя оренбургской селекции к основным заболеваниям / А.А. Новикова, О.С. Гречишкина, А.А. Зоров, О.В. Богданова // Животноводство и кормопроизводство. 2023. Т. 106. № 2. С. 226-238. [Novikova AA, Grechishkina OS, Zorov AA, Bogdanova OV. Resistance of barley samples of the Orenburg selection to major diseases. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2023;106(2):226-238. (*In Russ.*)]. doi: 10.33284/2658-3135-106-2-226

14. Шанина Е.П., Клюкина Е.М., Стафеева М.А. Анализ комбинационной способности исходных родительских форм картофеля по признаку продуктивности // Картофелеводство. 2016. Т. 24. № 1. С. 56-62. [Shanina EP, Klyukina EM, Stafeeva MA. Combining ability analysis of initial parental forms of potatoes on the basis of productivity. *Potato Growing*. 2016;24(1):56-62. (*In Russ.*)].

15. Pesaraklu S, Soltanloo H, Ramezanpour SS et al. An estimation of the combining ability of barley genotypes and heterosis for some quantitative traits. *Iran Agric Res*. 2016;35(1):73-80. doi: 10.22099/IAR.2016.3653

References

1. Hudzenko VM, Polischuk TP. Evaluation of genetic components and combining ability for spike length in winter six-rowed barley under conditions of Forest-Steppe of Ukraine. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2018;14(1):52-57. doi: 10.21498/2518-1017.14.1.2018.126505
2. Gutorova OV, Zaitsev SA. Combination ability of corn lines and genetic control of morphometric parameters. *Izvestiya of Saratov University. New Series. Series: Chemistry. Biology. Ecology*. 2022;22(2):187-192. doi: 10.18500/1816-9775-2022-22-2-187-192
3. Dospekhov BA. Methodology of field experiment: (with the basics of statistical processing of research results). 5th edition, supplement and revision. Moscow: Agropromizdat; 1985:351.
4. Antimonov AK, Antimonova ON, Syrkina LF, Kosykh LA. Introduction new gene sources broomcorn millet for breeding under the conditions in the middle Volga region. *International Journal of Humanities and Natural Sciences*. 2018;11(1):154-157. doi: 10.24411/2500-1000-2018-10174
5. Bochkareva EB, Strelnikov EA, Gorlova LA, Serdyuk VV. Combining ability of the new CMS-lines of winter rapeseed (*Brassica napus* L.) bred at VNIIMK. *Oil Crops*. 2020;4(184):18-23. doi: 10.25230/2412-608X-2020-4-184-18-23
6. Kompanets EV et al. Combining ability of spring barley varieties in the direct diallel cross system. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2017;21(5):537-544. doi: 10.18699/VJ17.271
7. Reger NS, Besaliev IN, Panfilov AL. Peculiarities of productivity formation of pea crops and oats after using biostimulants in arid conditions of the Orenburg Cis-Urals. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2022;105(1):171-181. doi: 10.33284/2658-3135-105-1-171
8. Sokurova LH. Creation and evaluation of the source material of millet for the conditions of the Kabardino-Balkarian republic. *Legumes and Groat Crops*. 2022;4(44):116-124. doi: 10.24412/2309-348X-2022-4-116-124
9. Sokurova LKh. Creation and evaluation of source material for breeding millet in Kabardino-Balkaria. *Scientific Life*. 2019;14(10-98):1522-1529. doi: 10.35679/1991-9476-2019-14-10-1522-1529
10. Surkov AY. Results and prospects of selection of millet in Voronezh scientific research institute of agricultural of name of V.V. Dokuchayev. *Legumes and Groat Crops*. 2014;2(10):56-59.
11. Tikhonov NP, Tikhonova TV, Milkin AA. Adaptivity And productivity of millet varieties bred by the FGBNU "Agricultural Research Institute of South-East". *Legumes and Groat Crops*. 2018;4(28):78-82. doi: 10.24411/2309-348X-2018-11053
12. Tishkov NI. Adaptive and recombination ability of varieties. Breeding of spring barley, spring wheat and sown millet for the conditions of the Orenburg region. Orenburg; 2011:18-25.
13. Novikova AA, Grechishkina OS, Zorov AA, Bogdanova OV. Resistance of barley samples of the Orenburg selection to major diseases. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2023;106(2):226-238. doi: 10.33284/2658-3135-106-2-226
14. Shanina EP, Klyukina EM, Stafeeva MA. Combining ability analysis of initial parental forms of potatoes on the basis of productivity. *Potato Growing*. 2016;24(1):56-62.
15. Pesaraklu S, Soltanloo H, Ramezanzpour SS et al. An estimation of the combining ability of barley genotypes and heterosis for some quantitative traits. *Iran Agric Res*. 2016;35(1):73-80. doi: 10.22099/IAR.2016.3653

Информация об авторах:

Рамиль Дамирович Камалеев, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией селекции проса посевного, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460051, г. Оренбург, пр. Гагарина, 27/1.

Антонина Александровна Новикова, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией селекционно-генетических исследований в растениеводстве, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460051, г. Оренбург, пр. Гагарина, 27/1, тел.: 8922888448.

Information about the authors:

Ramil D Kamaleev, Cand. Sci. (Agriculture), Leading Researcher, Head of the Laboratory for Seed millet breeding, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 27/1 Gagarin Ave., Orenburg, 460051.

Antonina A Novikova, Cand. Sci. (Agriculture), Leading Researcher, Head of the Laboratory for Breeding and Genetic Research in Plant Growing, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 27/1 Gagarin Ave., Orenburg, 460051, tel.: 89228884481.

Статья поступила в редакцию 27.03.2024; одобрена после рецензирования 17.04.2024; принята к публикации 09.09.2024.

The article was submitted 27.03.2024; approved after reviewing 17.04.2024; accepted for publication 09.09.2024.



Памяти

**Георгия Ивановича
ЛЕВАХИНА**

**доктора сельскохозяйственных наук,
профессора**

25.06.1945-12.09.2024

Родился 25 июня 1945 года в г. Алма-Ате Казахской ССР.

Начал свою трудовую деятельность младшим трактористом совхоза им. Сверлова.

После окончания Оренбургского сельскохозяйственного института в 1973 году пришёл младшим научным сотрудником во Всесоюзный НИИ мясного скотоводства. С 1998 до декабря 2005 года исполнял обязанности заведующего отделом кормления мясного скота. С 2005 года был принят в ОГАУ на должность главного научного сотрудника – руководителя группы. С 2017 года – главный научный сотрудник отдела кормления сельскохозяйственных животных и технологии кормов им. С.Г. Леушина ФНЦ БСТ РАН.

Г.И. Левахин непрестанно повышал свой профессиональный уровень – кандидат, доктор сельскохозяйственных наук, профессор.

Активно участвовал в разработке программ и концепций по развитию мясного скотоводства в Российской Федерации, в том числе отраслевой программы «Развитие мясного скотоводства России на 2009-2012 годы» и «Система устойчивого ведения сельского хозяйства Оренбургской области».

Георгий Иванович занимался вопросами разработки премиксов и использования биологически активных веществ при откорме молодняка крупного рогатого скота, технологии заготовки, хранения и использования кормов, освоения земель с высокой плотностью радиоактивного загрязнения после аварии на ЧАЭС, а также разработкой эффективных систем оценки кормовых средств с учётом максимального выхода обменной энергии, протеина и животноводческой продукции с единицы площади посевов.

Совместно с другими сотрудниками проводил большие и трудоёмкие исследования по приготовлению и использованию полнорационных кормосмесей, технологии зимнего содержания молодняка на межхозяйственных откормочных площадках, применению биологически активных веществ в кормлении скота мясного направления продуктивности.

Георгий Иванович впервые в зоне Южного Урала провёл комплексную оценку основных культур и кормов, что помогает хозяйствам создавать эффективные кормовые севообороты. Применение на птицефабриках «Гайская» и «Родина» Оренбургской области систем использования биологически активных веществ, разработанных под руководством Г.И. Левахины, позволило предприятиям на протяжении последних двух лет оставаться в числе 300 лучших в России. Премиксы, разработанные и внедрённые Георгием Ивановичем на свинокомплексах в совхозах «Никольское» Сорочинского района, «Новокиевское» Гайского района Оренбургской области, обеспечивают привес поросят на 600–650 г, а молодняка КРС – на 1000–1100 г.

Г.И. Левахин опубликовал результаты своих исследований в более чем 350 научных работах, включая 11 монографий, 8 учебных и справочных пособий, свыше 20 рекомендаций, концепций и программ, является автором 17 патентов на изобретения, одним из авторов новой отечественной мясной породы крупного рогатого скота «Русская комолая».

Много внимания Г.И. Левахин уделял подготовке научных кадров, им создана научная школа, в которой под его руководством подготовлены и успешно защищены 36 кандидатских и 4 докторских диссертационных работ.

Георгий Иванович был избран членом диссертационных советов: Федерального научного центра биологических систем и агротехнологий Российской академии наук и при Оренбургском государственном аграрном университете, входил в состав редакционной коллегии и Института рецензирования журнала «Животноводство и кормопроизводство».

За научные достижения и успехи в производственной деятельности Г.И. Левахин неоднократно награждался областными, ведомственными наградами, медалями и дипломами: Почётной грамотой Министерства сельского хозяйства и продовольствия РФ, Почётной грамотой РАСХН, Почётной грамотой РАН. Являлся дважды Лауреатом премии Администрации Оренбургской области в сфере науки и техники. Имеет Почётное звание «Заслуженный деятель науки Российской Федерации». Внесён в энциклопедии «Современники России. Научная элита Оренбуржья», «Гордость Оренбургского ГАУ». Его многолетний и настойчивый труд отмечен медалью «Ветеран труда».

Руководство и сотрудники Федерального научного центра биологических систем и агротехнологий Российской академии наук выражают свои соболезнования родным и близким Георгия Ивановича Левахина в связи с тяжёлой утратой.

Требования к статьям

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» 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). **Отнесён к категории К 1.**

Журнал «Животноводство и кормопроизводство» включён в Russian Science Citation Index (RSCI).

Журнал «Животноводство и кормопроизводство» включён в систему Российского индекса цитирования.

Периодичность выхода журнала «Животноводство и кормопроизводство» – 4 раза в год.

Стоимость публикации одной статьи – 12000 рублей. Оплата подписки осуществляется через банки РФ. Для стран СНГ – 15000 руб., оплата – через любые банки РФ в валюте РФ.

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, указывать адреса электронной почты для обратной связи.

- 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.

- 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; адреса электронной почты и ORCID каждого автора; 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, не старше 5-7 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 Style.

Список начинается с русскоязычной литературы в алфавитном порядке, его продолжает список англоязычных авторов 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.

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/>