

ISSN 2070-1047

ИЗВЕСТИЯ

ГОРСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АГРАРНОГО УНИВЕРСИТЕТА



ТОМ 63

НАУЧНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ
ЖУРНАЛ

ОСНОВАН В 1922 ГОДУ

ЧАСТЬ 3



Владикавказ 2026

ISSN 2070-1047

№ 63(3) 2026

ИЗВЕСТИЯ PROCEEDINGS

Горского государственного аграрного университета
of Gorsky State Agrarian University

Научно-теоретический журнал основан в 1922 году

-
- 4.1.1. - Общее земледелие и растениеводство (*сельскохозяйственные науки*)
 - 4.1.3. - Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений
(*сельскохозяйственные науки*)
 - 4.2.1. - Патология животных, морфология, физиология, фармакология и токсикология
(*ветеринарные науки*)
 - 4.2.4. - Частная зоотехния, кормление, технологии приготовления кормов
и производства продукции животноводства (*сельскохозяйственные науки*)
 - 1.5.20. - Биологические ресурсы (*биологические науки*)
-

Журнал входит в международную научную базу Agris
и в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий,
в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций
на соискание учёных степеней доктора и кандидата наук
(категория К2, уровень БС-У4)

№ 63 (ч. 3) ИЗВЕСТИЯ Горского государственного аграрного университета	Volume 63/3 PROCEEDINGS of Gorsky State Agrarian University
Научно-теоретический журнал Основан в 1922 году Выходит один раз в квартал Зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций СВИДЕТЕЛЬСТВО О РЕГИСТРАЦИИ СМИ ПИ №ФС77-77787 от 04.03.2020 г. Стоимость подписки 850 руб. за один номер журнала Индекс издания 66099 Агентство «Урал-Пресс» Учредитель: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Горский государственный аграрный университет» Главный редактор: Гогаев О.К. – ректор Горского ГАУ, д.с.-х.н., профессор Зам. главного редактора: Абаев А.А. – проректор по научной работе Горского ГАУ, д.с.-х.н., профессор Члены редакционной коллегии: Агрономия Дзанагов С.Х. – д.с.-х.н., профессор (Россия); Козырев А.Х. – д.с.-х.н., профессор (Россия); Басиев С.С. – д.с.-х.н., профессор (Россия); Кашуков М.В. – д.с.-х.н., профессор (Россия) Зоотехния Каиров В.Р. – д.с.-х.н., профессор (Россия); Гогаев О. К. – д.с.-х.н., профессор (Россия); Калоев Б.С. – д.с.-х.н., профессор (Россия) Ветеринария Софронов В.Г. – д.вет.н., профессор (Россия); Чеходариди Ф.Н. – д.вет.н., профессор (Россия); Годизов П.Х. – д.вет.н., профессор (Россия) Биологические науки Цугкиев Б.Г. – д.с.-х.н., профессор (Россия); Рехвиашвили Э.И. – д.биол.н., профессор (Россия); Гагиева Л.Ч. – д.биол.н., профессор (Россия)	Scientific-theoretical journal Founded in 1922 One issue per a quarter Registered by the Federal Supervision Agency for Mass Communication and Cultural Heritage Protection CERTIFICATE FOR MASS MEDIA REGISTRATION PE №ФС77-77787 of 04.03.2020 Subscription cost - 850 rub. for an issue Publication index 66099 Agency “Ural-Press” Founder: Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Gorsky State Agrarian University” Editor – in –chief: O.K. Gogaev – Acting Rector of the Gorsky State Agrarian University, D.Sc (Agriculture), Professor Deputy chief editor: A.A. Abaev – Prorector for Research, Gorsky State Agrarian University, DSc (Agriculture), Professor Editorial board: Agromony S.Kh. Dzanagov – DSc (Agriculture), Professor; (Russia); A.Kh. Kozyrev – DSc (Agriculture), Professor; (Russia); S. S. Basiev – DSc (Agriculture), Professor; (Russia); M.V. Kashukoev – DSc (Agriculture), Professor; (Russia) Animal Husbandry V.R. Kairov – DSc (Agriculture), Professor; (Russia); O.K. Gogaev – DSc (Agriculture), Professor; (Russia); B.S. Kaloev – DSc (Agriculture), Professor; (Russia) Veterinary V. G. Sofronov – DSc (Veterinary Science), Professor; (Russia); F.N. Chekhodaridi – DSc (Veterinary Science), Professor; (Russia); P. H. Godizov – DSc (Veterinary Science), Professor; (Russia) Biological Sciences B.G. Tsugkiev – DSc (Agriculture), Professor; (Russia); E.I. Rekhviashvili – DSc (Biology), Professor; (Russia); L. Ch. Gagieva – DSc (Biology), Professor; (Russia)
Корректор – Кулова З.К. Перевод – Каболова А.Б., старший преподаватель Вёрстка – Золотарёва В.А.	Corrector – Z.K. Kulova Translation – A.B. Kabolova, Senior Lecturer Make up – V.A. Zolotareva
Адрес редакции, издательства, типографии 362040, РСО-Алания, г. Владикавказ, ул. Кирова, 37. ФГБОУ ВО Горский ГАУ. Тел. (8672) 53-40-29 E-mail: izvestiaggau@mail.ru	Address of the publisher, the editorial office, the printing office: 362040, the Republic of North Ossetia-Alania, Vladikavkaz, 37 Kirov Street, FSBEI HE “Gorsky State Agrarian University” (Scientific department). Tel. 8(8672) 53-40-29; E-mail: izvestiaggau@mail.ru

ОГЛАВЛЕНИЕ

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Агрономия

Абаева А.А., Лагкуева Э.А.

Комплексная оценка биологической активности и показателей плодородия горно-луговых почв РСО–Алания 7

Зоотехния

Фонт Пуэнте Х., Малородов В.В., Виноградова Е.С.

Оптимизация микроклимата для кур-несушек яичного кросса «Ломанн Белый» в условиях жаркого климата 16

Березкина Г.Ю., Фомина А.А., Гарданова Т.Г.

Влияние быков-производителей с разным генотипом бетта-казеина на молочную продуктивность и сыропригодность молока коров 26

Туаева З.З., Темираев Р.Б., Кубатиева З.А., Газзаева М.С., Баева А.А.

Влияние ферментного препарата и витамина Е на химический состав некоторых внутренних органов бройлеров при снижении риска Т-2 токсикоза 35

Темирдашева К.А., Азнаева М.Р.

Анализ сезонных изменений белкового состава молока коров красной степной породы 42

ВЕТЕРИНАРНЫЕ НАУКИ

Ветеринария

Лохова С.С., Кубатиева З.А., Гутиева Л.Н., Кусова В.А.

Влияние N–нафтил–3–оксипиридина на бруцеллез и молочную продуктивность коров 51

Бондаренко Г.А., Соловьева И.А., Остякова М.Е., Трухина Т.И.

Локализация природных очагов трихинеллеза в Дальневосточном федеральном округе 58

Воротнева И.В., Пудовкин Н.А.

Влияние субклинического ацидоза и кетоза в ранний послеродовой период на репродуктивную функцию коров 67

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Биологические ресурсы

Харченко А.А., Новикова Л.Ю., Марушевский В.А.

Виталитетная структура и дифференцирующие морфологические признаки ценопопуляций *Fragaria viridis* (Duchesne) Weston и *F. vesca* L. в Южной Сибири 76

Шлявас А.В., Таловина Г.В., Ухатова Ю.В.

Номенклатурные стандарты сортов яблони народной селекции России, сохраняемые в генетической коллекции ВИР 90

Гагиева Л.Ч., Чкареули Л.В., Козырев А.Х.

Комплексная оценка хозяйственно-биологических показателей *Amaranthus cruentus* L. в условиях предгорий РСО–Алания 104

Харченко А.А., Попов В.С., Новикова Л.Ю.

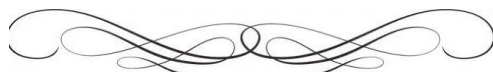
Биохимический состав плодов земляники садовой (*F. × ananassa*) и диких видов *Fragaria* L. ... 113

Тамахина А.Я., Бесланев Б.Б.

Сортовые микроанатомические и физиолого-биохимические признаки как генетический ресурс растений яблони в предгорной зоне Кабардино-Балкарии 134

Гагиева Л.Ч., Чкареули Л.В., Козырев А.Х.

Биоресурсный потенциал листостебельной массы образцов амаранта (*Amaranthus caudatus* L.) К-69 (Австралия) и К-53 (Камерун), интродуцированных в предгорной зоне РСО–Алания, для рационального использования в силосопроизводстве 146



CONTENTS

AGRICULTURAL SCIENCES

Agronomy

A.A. Abaeva, E.A. Lagkueva

Comprehensive assessment of biological activity and fertility indicators of mountain meadow soils in the Republic of North Ossetia–Alania 7

Zooengineering

Puente H. Font, V.V. Malorodov, E.S. Vinogradova

Optimizing the microclimate for Lohmann White laying hens in hot climate conditions 16

G.Yu. Berezkina, A.A. Fomina, T.G. Gardanova

The influence of sires with different beta-casein genotypes on milk productivity and cheese-making qualities of cows 26

Z.Z. Tuaeva, R.B. Temiraev, Z.A. Kubatieva,

M.S. Gazzaeva, A.A. Baeva

The effect of an enzyme preparation and vitamin E on the chemical composition of some internal organs of broilers while reducing the risk of T-2 toxicosis 35

K.A. Temirdasheva, M.R. Aznayeva

Analysis of seasonal changes in the protein composition of milk from red steppe cows 42

VETERINARY SCIENCES

Veterinary

S.V. Lokhova, Z.A. Kubatieva, L.N. Gutieva,

V.A. Kusova

The influence of N-naphthyl-3-hydroxypyridine on brucellosis and milk productivity in cows 51

G.A. Bondarenko, I.A. Solovieva, M.E. Ostyakova,

T.I. Trukhina

Localization of natural foci of trichinosis in the Far Eastern Federal District 58

I.V. Vorotneva, N.A. Pudovkin

Effect of subclinical acidosis and ketosis during the early postpartum period on the reproductive function of cows 67

BIOLOGICAL SCIENCES

Biological Resources

A.A. Kharchenko, L.Yu. Novikova, V.A. Marushevsky

Vitality structure and differentiating morphological traits of coenopopulations of *Fragaria viridis* (Duchesne) Weston and *Fragaria vesca* L. in Southern Siberia 76

A.V. Shlyavas, G.V. Talovina, Yu.V. Ukhatova

Nomenclatural standards of Russian folk-selection apple cultivars maintained in the WIR collection 90

L.Ch. Gagieva, L.V. Chkareuli, A.Kh. Kozyrev

Comprehensive assessment of economic and biological indicators of *Amaranthus cruentus* L. in the conditions of the foothills of the Republic of North Ossetia–Alania 104

A.A. Kharchenko, V.S. Popov, L.Yu. Novikova

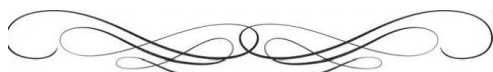
Biochemical composition of fruits of garden strawberry (*Fragaria × ananassa*) and wild *Fragaria* L. species 113

A.Ya. Tamakhina, B.B. Beslaneev

Cultivar-specific microanatomical and physiological-biochemical traits as a genetic resource of apple plants in the foothill zone of Kabardino-Balkaria 134

L.Ch. Gagieva, L.V. Chkareuli, A.Kh. Kozyrev

Bioresource potential of the leaf-stem mass of amaranth samples (*Amaranthus caudatus* L.) K-69 (Australia) and K-53 (Cameroon), introduced in the foothill zone of the Republic of North Ossetia-Alania, for rational use in silage production 146





СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

АГРОНОМИЯ

Научная статья

УДК 631.8

https://doi.org/10.54258/20701047_2026_63_3_7



Комплексная оценка биологической активности и показателей плодородия горно-луговых почв РСО–Алания

Алина Алановна Абаева^{1✉}, Эльвира Асланбековна Лагкуева²

^{1,2}Северо-Кавказский НИИ горного и предгорного сельского хозяйства,

Владикавказский научный центр РАН России, Владикавказ, Россия

¹alina444abaeva@gmail.com[✉], <https://orcid.org/0000-0002-4403-1226>

²lagkutiel@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-2096-7062>

Аннотация. Внесение удобрений в почву и изучение их влияния на интенсивно протекающие биологические процессы является актуальным направлением исследований, цель которых – повышение продуктивности фитоценозов. Исследования проводились в горной зоне Республики Северная Осетия-Алания (Даргавская котловина). В результате установлено, что лучше всего льняное полотно разлагается по удобренному фону $N_{60}P_{45}K_{20}$, и в первый срок определения в 0 – 10 см слое разложение составило 30,1 %, в 10 – 20 см слое 27,2 %, а в 20 – 30 см не менее 25 %. Аналогично высокие показатели были и во второй, и в третий срок определения (44,7 %; 41,3 %; 36,1 %; 56,1 %; 52,2 %; 46,2 %). При сочетании таких препаратов как Акварин 0,05 % + Азотовит 0,05 % также получили высокие показатели. В первый срок определения в 0 – 10 см почвы – 28,1 %, в 10 – 20 см – 27,2 %, в 20 – 30 см – 24,1 %; во второй срок – 42,9 %; 40,6 %; 35,2 %; в третий срок – 54,4 %; 51,3 %; 44,3 %. Внесение удобрений не сказывается на общей динамике питательных веществ, тем не менее, влияет на размеры их накопления. В целом можно отметить, что максимальное количество NO_3 , NH_4 , P_2O_5 и K_2O обнаружено в верхнем слое почвы и в первые сроки определения. Во второй и в третий срок содержание веществ уменьшалось, а в четвертый незначительно повышалось.

Ключевые слова: показатели плодородия, биологическая активность почв, удобрения, фитоценозы, минеральный фон

Для цитирования: Абаева А.А., Лагкуева Э.А. Комплексная оценка биологической активности и показателей плодородия горно-луговых почв РСО–Алания // Известия Горского государственного аграрного университета. 2026. Т. 63, № 3. С. 7-15. https://doi.org/10.54258/20701047_2026_63_3_7

Scientific paper

Comprehensive assessment of biological activity and fertility indicators of mountain meadow soils in the Republic of North Ossetia–Alania

Alina A. Abaeva^{1✉}, Elvira A. Lagkueva²

^{1,2}North Caucasian Research Institute of Mountain and Foothill Agriculture,

Vladikavkaz Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Vladikavkaz, Russia

¹alina444abaeva@gmail.com✉, <https://orcid.org/0000-0002-4403-1226>

²lagkutel@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-2096-7062>

Abstract. Fertilizer application to soil and the study of its impact on intensive biological processes is a relevant area of research aimed at increasing the productivity of phytocenoses. The study was conducted in the mountainous region of the Republic of North Ossetia–Alania (Dargav Depression). It was found that flax decomposes best under a fertilized $N_{60}P_{45}K_{20}$ background. During the initial period of determination, decomposition was 30.1 % in the 0–10 cm layer, 27.2 % in the 10–20 cm layer, and at least 25 % in the 20–30 cm layer. Similarly high indicators were also in the second and third terms of determination (44.7 %, 41.3 %, 36.1 %, 56.1 %, 52.2 %, 46.2 %). With a combination of such preparations as Aquirin 0.05 % + Azotovit 0.05 %, high indicators were also obtained. In the first term of determination in 0–10 cm of soil - 28.1 %, in 10–20 cm - 27.2 %, in 20–30 cm - 24.1 %; in the second term - 42.9 %, 40.6 %, 35.2 %; in the third term - 54.4 %, 51.3 %, 44.3 %. Fertilizer application does not affect the overall dynamics of nutrients; however, it does influence the extent of their accumulation. Overall, it can be noted that the maximum amounts of NO_3 , NH_4 , P_2O_5 , and K_2O were found in the upper soil layer and during the first determination periods. In the second and third periods, the nutrient content decreased, and in the fourth period, it increased slightly.

Keywords: fertility indicators, soil biological activity, fertilizers, phytocenoses, mineral background

For citation: Abaeva AA, Lagkueva EA. Comprehensive assessment of biological activity and fertility indicators of mountain meadow soils in the Republic of North Ossetia–Alania. *Proceedings of Gorsky State Agrarian University*. 2026;63(Pt3):7-15. (In Russ.). Available from: https://doi.org/10.54258/20701047_2026_63_3_7

Введение. Важнейшей отличительной способностью фитоценозов, определяющей их место в пищевой пирамиде живой природы, а также в качестве средства обеспечения населения планеты продуктами питания, является способность различных растений продуцировать биологически активные вещества благодаря фотосинтезу.

Способность растений аккумулировать энергию солнца позволяет увеличивать плодородие почвы, уровень содержания в ней органики, питательных веществ, улучшает ее физические свойства. Это определяет необходимость выделения в отдельную категорию техногенных факторов, используемых для оптимизации внешней среды в агроэкосистемах, которые направлены на эффективное использование уже существующих неисчерпаемых ресурсов в природе. От состояния почвенных и климатических условий, погоды на местности, зависит уровень устойчивости роста продуктивности сельского хозяйства [1].

Одним из самых чувствительных индикаторов, отражающих уровень содержания органических веществ в почве, является биологическая активность почвы. Почвенная микробиота или так называемое сообщество почвенных микроорганизмов, представляет собой крайне важную составную часть биогеоценоза, поскольку участвует в процессе круговорота энергии и веществ, обеспечивает продуктивное функционирование экосистем. Среди ключевых факторов, оказывающих влияние на микробиологические процессы в почвах, следует выделить антропогенные (дополнительное обогащение пахотного слоя почвы питательными элементами в виде удобрений и т.д.) и естественные.

Сухая масса почвенной микробиоты на одном гектаре плодородной почвы достигает 0,9 т, однако при внесении удобрений, при благоприятствующих климатических условиях, количество микроорганизмов в почве значительно возрастает, что связано, в основном, с распадом органических веществ – гумуса, увеличения содержания других питательных элементов. Микробиота почвы является продуцентом ферментов, витаминов различных групп, антибиотиков и других активных веществ, которые способна усваивать корневая система сорных и культурных растений [2; 3].

Методика. Исследования проводили в условиях горной зоны РСО–Алания, юго-восточной экспозиции Даргавской котловины, в субальпийском поясе, где зима мягкая, а лето прохладное, с относительной влажностью воздуха, варьирующей в пределах 75-85 %, и неравномерным выпадением осадков в течение года. Почвы опытного участка представлены горно-луговым типом, с пахотным слоем опытного участка в 0-20 см и содержанием гумуса не менее 47 %, общего азота 0,96 %, 5,80 мг/100 г почвы P_2O_5 ; 25,06 мг/100 г почвы K_2O ; pH сол.-5,09 [4]. Проведение отбора почвенных образцов производили в четыре этапа, четыре раза в период вегетации растений.

По интенсивности разложения целлюлозы достоверно определяли общую биологическую активность почвы.

В качестве вносимых удобрений использовали Азотовит и Акварин. Препарат «Азотовит» – микробиологическое удобрение, содержащее комплекс основных элементов минерального питания растений (азот (N – 18 %), оксид фосфора (P_2O_5 – 18 %), оксид калия (K_2O – 18 %) и магния (MgO – 2 %), серы (S – 1,5 %) и некоторые микроэлементы. Акварин – водорастворимое минеральное удобрение, в состав которого входят: азот – 18 %, фосфор – 18 %, калий – 18 %, магний – 2 %, сера – 1,5 %, а также в малых концентрациях железо, цинк, медь, марганец, молибден, бор. Препараты применяли в мае, гектарную норму препаратов (1,5 л/га) разбавляли в 200 мл воды и проводили опрыскивание.

В качестве минеральных удобрений вносили:

N – аммиачная селитра (д. в. 34 %);

P – суперфосфат простой (д. в. 20, 5 %);

K – калийная соль (д. в. 40 %).

Фосфорно-калийные вносили осенью, азотные – весной, с начала периода вегетации луговых трав.

1 вариант опыта был контрольный – без удобрений; второй – Азотовит 0,05 %; третий – Азотовит 0,1 %; четвертый – Акварин 0,05 %; пятый – Акварин 0,1 %; 6 – Акварин 0,05 % + Азотовит 0,05 %; седьмой – $N_{60}P_{45}K_{20}$.

Цель. Изучить общую биологическую активность почвы, а также параметры плодородия горно-луговых почв в зависимости от исследуемых факторов.

Результаты. Среди наиболее угрожающих процессов, негативно влияющих на агроландшафтные системы земледелия, выделяются водная эрозия и дефляция. Ключевой задачей в создании высокопродуктивных агроландшафтных систем становится тщательный выбор противоэрозионных и противодефляционных мер. Это позволяет поддерживать приемлемый уровень эрозионной нагрузки на агроландшафт.

Чтобы предотвратить разрушение агроландшафтов в результате эрозии, необходимо реализовать комплекс мероприятий различной сложности. Это включает в себя противоэрозионные, агротехнические, луголесомелиоративные и гидротехнические действия, такие как засыпка оврагов, строительство террас и канав. Повышение продуктивности возможно благодаря внедрению факторов интенсификации [5-8].

При определении биологической активности установлено, что лучшим вариантом по степени убыли льняной ткани был вариант $N_{60}P_{45}K_{20}$.

Закладку льняного полотна проводили в середине мая. 1-й срок – через 30 дней после закладки; 2-й срок – через 60 дней; 3-й – через 90 дней.

Результаты исследований представлены в таблице 1.

Таблица 1. Динамика разложения льняной ткани в почве в зависимости от изучаемых вариантов в условиях горной зоны РСО–Алания (в среднем за 2023 – 2025 гг.)

Table 1. Dynamics of linen fabric decomposition in soil depending on the experimental treatments in the mountain zone of the Republic of North Ossetia–Alania (average for 2023–2025)

Слой почвы, см / Soil layer, cm	Процент разложения целлюлозы / Cellulose decomposition percentage						
	Варианты опыта / Experimental treatments						
	1	2	3	4	5	6*	7
0 – 10	20,6	26,1	27,4	23,1	25,1	28,1	30,1
10 – 20	19,1	24,5	25,1	22,4	23,2	26,2	27,2
20 – 30	17,2	21,8	22,6	19,8	20,6	24,1	25,0
Сред. / Avg.	19,0	24,1	25,0	21,8	23,0	26,2	27,4
0 – 10	29,2	40,2	41,8	36,2	38,7	42,9	44,7
10 – 20	27,1	38,6	39,5	35,4	37,2	40,6	41,3
20 – 30	24,1	33,5	34,5	31,8	32,1	35,2	36,1
Сред. / Avg.	26,8	37,4	38,6	34,5	36,0	39,6	40,7
0 – 10	41,8	52,1	53,5	49,2	51,5	54,5	56,1
10 – 20	39,6	49,5	50,6	46,1	48,7	51,3	52,2
20 – 30	36,4	42,3	43,5	40,3	41,2	44,3	46,2
Сред. / Avg.	39,3	48,0	49,2	45,2	47,1	50,0	51,5

¹ *по результатам исследований, опубликованных ранее

Источник: составлено по результатам собственных исследований.

Source: compiled based on the results of our own research.

Так, в первый срок определения в слое почвы 0 – 10 см разложение полотна достигло 30,1 %, в слое почвы 10 – 20 см – 27,2 %, в слое почвы 20 – 30 см – 25,0 %. Те же параметры 2 и 3 сроков составили: 44,7; 41,3; 36,1 % и 56,1; 52,2; 46,2 %. В порядке убывания интенсивности расположения льняной ткани другие изучаемые варианты можно расположить в следующий ряд: Акварин 0,05 % + Азотовит 0,05 %, Азотовит 0,1 %, Азотовит 0,05 %, Акварин 0,1 %, Акварин 0,05 %, контроль (без удобрений).

Установлено, что интенсивность распада льняной ткани зависит от времени экспозиции, а наибольшая интенсивность разложения наблюдалась исключительно в верхних горизонтах почвы, с резким снижением в зависимости глубины (горизонта почвы).

Наиболее интенсивно льняное полотно разлагалось по удобренному фону – $N_{60}P_{45}K_{20}$, что объясняется тем, что почвенные микроорганизмы используют питательные вещества минерального фона, как источник энергии и питания. Биопрепараты также положительно влияли на интенсивность убыли полотна: они интенсифицировали процесс поглощения питательных элементов растениями, увеличили всхожесть семян, снижали поражаемость растений фитопатогенами. Все это в симбиозе повыша-

¹ Лагуева, Э. А. Некоторые вопросы биологической активности почвы в условиях горной зоны РСО–Алания / Э. А. Лагуева, А. А. Абаева // Права человека в условиях развития информационного общества и институтов электронной демократии : Материалы международной научно-практической конференции, Владикавказ, 17 февраля 2023 года. – Владикавказ: Горский государственный аграрный университет, 2023. – С. 61-64. – EDN BVVNRQ.

ло интенсивность разложения целлюлозы. При высоких температурах воздуха, длительном отсутствии атмосферных осадков процесс затухал.

Кроме того, в горной зоне региона были проведены исследования по изучению питательного режима почвы, в рамках которого осуществлены наблюдения за изменением содержания подвижных форм питательных элементов в зависимости от задействованных препаратов. Сроки определения веществ: 1-й – 1-5 июня; 2-й – 10-15 июля; 3-й – 8-13 августа; 4-й – 5-15 сентября. Содержание NH_4 , NO_3 , P_2O_5 и K_2O определяли согласно ГОСТам в НИЛ «Агроэкологии» в Горском ГАУ (ГОСТ Р 53219 – 2008; ГОСТ 26210 – 91; ГОСТ 26211 – 91).

Современные исследования в области сельского хозяйства показывают, что применение различных видов и доз удобрений оказывает положительное влияние на процессы нитрификации.

Выявлено, что изменение содержания NO_3 под луговым фитоценозом в первый срок определения имело определенные количественные (мг/г а.с.н.) значения. Так, на контрольном варианте (без удобрений) в 0 – 20 см слое почвы содержание NO_3 было равно 0,19 мг/100 г а.с.н. Аналогичные показатели по вариантам Акварин 0,05% + Азотовит 0,05% и $\text{N}_{60}\text{P}_{45}\text{K}_{20}$ были равны соответственно 0,28 и 0,35 мг/100 г а.с.н.

По другим вариантам опыта изменения не носили существенного характера. Во второй срок определения нитратный режим почвы изменился в худшую сторону. Так, значение NO_3 (среднее значение в слое почвы 0 – 20 см) было равно: на контрольном варианте 0,09 мг/1000 г а.с.н., по варианту Акварин 0,05 % + Азотовит 0,05 % – 0,23 мг/100 г а.с.н., по варианту $\text{N}_{60}\text{P}_{45}\text{K}_{20}$ – 0,32 мг/100 г а.с.н. Аналогичные показатели 3 и 4 сроков составили: 0,04; 0,17; 0,24 мг/100 г а.с.н. и 0,13; 0,25; 0,31 мг/100 г а.с.н. Подобный ход динамики NO_3 можно объяснить потреблением элемента фитоценозами. В начале вегетации содержание нитратов было выше среднего, что объясняется незначительным потреблением элемента питания растениями лугового фитоценоза. В дальнейшем количество снизилось ввиду активного поглощения азота.

В конце вегетационного периода (4-й срок) потребность в NO_3 уменьшалась, поэтому его содержание в почве увеличивалось, однако в сравнении с весенним уровнем был ниже. В слое почвы 10-20 см обнаруживалось наибольшее его количество, тогда как в нижележащих горизонтах наблюдалось вымывание. Относительно контроля содержание NO_3 было выше по варианту № 6 при комбинированном использовании изучаемых препаратов.

В начале вегетации содержание NH_4 характеризовалось высокими значениями по всем изучаемым вариантам. Так, в среднем в 0-20 см слое почвы по первому варианту его количество составило 0,50 мг/100 г а.с.н., по шестому варианту – 0,57 мг/100 г а.с.н., по седьмому варианту – 0,69 мг/100 г а.с.н. В июле-августе произошло резкое снижение содержания NO_4 . Так, аналогичные показатели второго срока составили: 0,27; 0,35; 0,43 мг/100 г а.с.н., а треть его срока соответственно: 0,08; 0,20; 0,24 мг/100 г а.с.н. (табл. 2). В конце вегетации содержание аммиачного азота повысилось: по первому варианту (относительно третьего срока определения) на 0,09 мг/100 г а.с.н., по шестому варианту – на 0,17 мг/100 г а.с.н., по седьмому варианту – на 0,24 мг/100 г а.с.н. (табл. 2).

Количество оксида фосфора (V) характеризовалось динамичностью, как во времени, так и по профилю. В первый срок определения на контроле оно варьировало в пределах 11,7 – 12,9 мг/100 г а.с.н., по варианту № 6 – 14,0 – 14,8 мг/100 г а.с.н., по варианту № 7 – 14,9 – 16,3 мг/100 г а.с.н. Аналогичные показатели второго срока определения составили: 8,6 – 9,4 мг/100 г а.с.н., 10,3 – 12,2 мг/100 г а.с.н., 11,6 – 13,8 мг/100 г а.с.н. В третий срок количество P_2O_5 снизилось еще больше. Средний показатель в 0 – 20 см слое почвы был эквивалентен: по варианту №1 – 6,5 мг/100 г а.с.н., по варианту № 6 – 7,8 мг/100 г а.с.н., по варианту № 7 – 9,8 мг/100 г а.с.н.

В конце вегетации происходило некоторое повышение количества P_2O_5 , но оно было ниже значений, полученных в весенний период. В рамках эксперимента уровень подвижного калия не превышал 11,6 мг/100 г абсолютной сухой массы, а его концентрация в форме, легко усвояемой растениями, незначительно зависела от климатических условий местности. В горно-луговых почвах колебания общего калия отмечались в пределах 1,1-1,4 %, однако растения получают его в основном из обменнопоглощенной формы, из-за низкого содержания его в почвенном растворе.

Таблица 2. Динамика содержания некоторых питательных элементов под луговым фитоценозом в зависимости от изучаемых вариантов в 2025 году (в среднем за 2023 – 2025 гг.)

Table 2. Dynamics of the content of certain nutrients under the meadow plant community depending on the experimental treatments in 2025 (average for 2023–2025)

Сроки / Terms	Слой почвы, см / Soil layer, cm	варианты / options																	
		NH ₄ , мг/100 г а.с.н / NH ₄ , mg / 100 g abs. dry soil			NO ₃ мг/100 г а.с.н / NO ₃ , mg / 100 g abs. dry soil			P ₂ O ₅ мг/100 г а.с.н/ P ₂ O ₅ , mg / 100 g abs. dry soil			K ₂ O мг/100 г а.с.н / K ₂ O mg / 100 g abs. dry soil								
		1	6	7	1	6	7	1	6	7	1	6	7	1	6	7			
1-й / 1st	0–10	0,51	0,58	0,70	0,20	0,30	0,36	12,9	14,8	16,3	6,0	9,2	10,6						
	10–20	0,49	0,56	0,68	0,18	0,26	0,34	11,7	14,0	14,9	5,0	8,6	10,0						
	Ср. / avg.	0,50	0,57	0,69	0,19	0,28	0,35	12,3	14,4	15,6	5,5	8,9	10,3						
2-й / 2nd	0–10	0,28	0,38	0,44	0,10	0,24	0,32	9,4	12,2	13,8	5,8	8,4	9,0						
	10–20	0,26	0,32	0,42	0,08	0,22	0,32	8,6	10,3	11,6	5,6	8,0	9,0						
	Ср. / avg.	0,27	0,35	0,43	0,09	0,23	0,32	9,0	11,2	12,7	5,7	8,2	9,0						
3-й / 3rd	0–10	0,08	0,20	0,26	0,05	0,18	0,26	7,0	8,4	10,2	4,6	7,2	8,8						
	10–20	0,08	0,20	0,22	0,03	0,16	0,22	6,0	7,2	9,4	4,4	7,0	8,2						
	Ср. / avg.	0,08	0,20	0,24	0,04	0,17	0,24	6,5	7,8	9,8	4,5	7,1	8,5						
4-й / 4th	0–10	0,18	0,38	0,50	0,14	0,26	0,30	7,4	10,6	11,6	5,0	8,0	9,2						
	10–20	0,16	0,36	0,46	0,12	0,24	0,32	6,8	9,4	11,0	4,8	8,0	9,4						
	Ср. / avg.	0,17	0,37	0,48	0,13	0,25	0,31	7,1	10,0	11,3	4,9	8,0	9,3						

Источник: составлено по результатам собственных исследований.
Source: compiled based on the results of our own research.

Уровень обменного калия возрастает к концу срока вегетации. Надо отметить, что в начале срока вегетации до середины, он снижался (содержание колебалось от 4,4 - 8,8 мг/100 г а.с.н.). Наибольшее содержание обменного калия было определено по варианту $N_{60}P_{45}K_{20}$, ему незначительно уступал вариант Акварин 0,05 % + Азотовит 0,05 %.

Изучаемые варианты (1 – контрольный; 6 – Акварин 0,05 % + Азотовит 0,05 %; 7 – $N_{60}P_{45}K_{20}$) оказывали существенное влияние на динамику пищевого режима горно-луговых почв по всем срокам определения. Увеличивалось содержание питательных элементов относительно контрольного варианта, что связываем с химическим составом изучаемых препаратов и улучшением условий питания растений.

Выводы

1. В условиях горной зоны РСО-Алания получены экспериментальные данные по влиянию различных факторов на динамику пищевого режима, а также общей биологической активности горно-луговых почв. По степени убыли льняной ткани отмечен 7 вариант ($N_{60}P_{45}K_{20}$), как имеющий самый большой процент разложившейся ткани во все сроки определения.

2. Содержание питательных элементов уменьшалось с углублением в почвенный профиль. Наибольшее количество этих веществ обнаруживалось в верхнем слое. Внесение удобрений в почву оказывало малое влияние на общую динамику питательных веществ, однако существенно влияло на размеры их накопления.

3. В начале вегетации содержание ионов аммония характеризовалось высокими значениями по всем изучаемым вариантам. Во второй срок незначительно уменьшилось, а в июле-августе произошло резкое снижение содержания NH_4 . В конце вегетации содержание аммиачного азота повысилось: по первому варианту на 0,09 мг/100 г а.с.н., по шестому варианту – на 0,17 мг/100 г а.с.н., по седьмому варианту – на 0,24 мг/100 г а.с.н.

4. Потребление NO_3 происходило по следующей схеме: в первый срок определения по всем вариантам показатели были равны – 0,19; 0,28; 0,35. Во второй и третий срок показатели стали снижаться, а в четвертый – повысились. Подобный ход динамики NO_3 можно объяснить потребностью элемента фитоценозами в период вегетации.

5. Основным источником P_2O_5 в почве выступает фосфор, на увеличение содержания которого непосредственное влияние оказывает выпадение обильных осадков и приводит к тому, что в течение сезона происходит снижение его количества. Со снижением запасов продуктивной влаги содержание фосфора было динамичным. Динамика нахождения P_2O_5 в почве имеет такую же картину, как и у других питательных веществ. В начале вегетации – самое большое значение, затем постепенное снижение, в конце незначительное увеличение.

6. Содержание обменного калия во все сроки определения незначительно изменялась. По первому варианту во все сроки варьировала от 5,5 до 4,9; по второму – 8,9 – 8,0; по третьему – 10,3 – 9,3. В целом, общая динамика всех изучаемых питательных элементов одинакова.

Список источников

1. Системы земледелия Ставрополя / А. А. Жученко, В. И. Трухачев, В. М. Пенчуков [и др.]. Ставрополь : Издательство «АГРУС», 2011. 844 с. ISBN 978-5-9596-0769-2. EDN PJZOQF.
2. Замятин С. А., Максимова Р. Б. Влияние минеральных удобрений на почвенную микрофлору // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2023. № 4. С. 68-71. DOI 10.31857/2500-2082/2023/4/68-71. EDN DLRLNN.
3. Карпова А. Ю., Иудин В. А., Рудометова А. А. Изменение биологической активности дерново-подзолистой почвы при применении микробиологических удобрений // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2025. № 4(84). С. 12-21. DOI 10.48012/1817-5457_2025_4_12-21. EDN JSHAXE.
4. Абаева А. А. Биологическая активность почвы лугового фитоценоза горной зоны РСО-Алания // Горное сельское хозяйство. 2024. № 2(36). С. 11-17. – DOI 10.33580/24102911_2024_2_36_11. – EDN KEZICO.

5. Ахтаева С. М. Х., Амирханова И. В. Основные показатели биологической активности // Наука Юга России. 2022. Т. 18, № 3. С. 60-67. – DOI 10.7868/S25000640220307. – EDN FHQBQM.
6. Бушнев А. С. Биологическая активность почв при различных способах основной обработки // Масличные культуры. 2025. № 2(202). С. 38-57. – DOI 10.25230/2412-608X-2025-2-202-38-57. – EDN FNIMLD.
7. Ряскова О. М., Зайцева Г. А. Влияние биологической активности почвы на ее плодородие // Наука и Образование. 2021. Т. 4, № 3. – EDN VIGEJJ.
8. Проблемы биологизации земледелия в агропромышленном комплексе Ставрополя / В. М. Пенчуков, Г. Р. Дорошко, В. М. Передериева [и др.] // Состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса Северо-Кавказского федерального округа : 74-я научно-практическая конференция, Ставрополь, 07–15 апреля 2010 года. – Ставрополь: Ставропольское издательство «Параграф», 2010. – С. 107-111. – EDN SUGKKF.

References

1. [Zhuchenko AA, Trukhachev VI, Penchukov VM, et al. *Farming systems of Stavropol Krai*. Stavropol: AGRUS Publ.; 2011]. ISBN: 978-5-9596-0769-2. EDN: PJZOQF.
2. Zamyatin SA, Maksimova RB. Influence of mineral fertilizers on soil microflora. *Vestnik of Russian Agricultural Science*. 2023;(4):68-71. (In Russ.). Available from: <https://doi.org/10.31857/2500-2082/2023/4/68-71>. EDN: DLRLNN.
3. Karpova AYU, Iudin VA, Rudometova AA. Changes in the biological activity of sod-podzolic soil when applying microbiological fertilizers. *The Bulletin of Izhevsk State Agricultural Academy*. 2025;4(84):12-21. (In Russ.). Available from: https://doi.org/10.48012/1817-5457_2025_4_12-21. EDN: JSHAXE.
4. Abaeva AA. Biological activity of soil in meadow phytocoenoses of the mountain zone of RNO-Alania. *Mountain Agriculture*. 2024;2(36):11-7. (In Russ.). Available from: https://doi.org/10.33580/24102911_2024_2_36_11. EDN: KEZICO.
5. Akhtaeva SMK, Amirkhanova IV. The main indicators of biological activity of soils. *Science in the South of Russia*. 2022;18(3):60-7. (In Russ.). Available from: <https://doi.org/10.7868/S25000640220307>. EDN: FHQBQM.
6. Bushnev AS. Biological activity of soils under different methods of primary tillage. *Oil Crops*. 2025;2(202):38-57. (In Russ.). Available from: <https://doi.org/10.25230/2412-608X-2025-2-202-38-57>. EDN: FNIMLD.
7. Ryaskova OM, Zaitseva GA. Influence of soil biological activity on its fertility. [*Science and Education*]. 2021;4(3):[6 p.]. (In Russ.). EDN: VIGEJJ.
8. [Penchukov VM, Dorozhko GR, Perederieva VM, et al. Problems of the biologization of agriculture in the agro-industrial complex of Stavropol Krai. In: *State and prospects for the development of the agro-industrial complex of the North Caucasus Federal District : Proceedings of the 74th Scientific and Practical Conference; 2010 Apr 7-15; Stavropol*. Stavropol: Paragraf Publ.; 2010. p. 107-11]. (In Russ.). EDN: SUGKKF.

Информация об авторах

А. А. Абасева – младший научный сотрудник отдела кормопроизводства и технологии кормления сельскохозяйственных животных СКНИИГПСХ ВНИЦ РАН;

Э. А. Лагкуева – научный сотрудник отдела кормопроизводства и технологии кормления сельскохозяйственных животных СКНИИГПСХ ВНИЦ РАН.

Конфликт интересов

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

Статья поступила в редакцию 10.06.2026; одобрена после рецензирования 09.09.2026; принята к публикации 14.09.2026.

Information about the authors

A. A. Abaeva – Junior Researcher, Department of Forage Production and Livestock Feeding Technology North Caucasian Research Institute of Mountain and Piedmont Agriculture Branch of the Vladikavkaz Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences;

E. A. Lagkueva – Researcher, Department of Forage Production and Livestock Feeding Technology North Caucasian Research Institute of Mountain and Piedmont Agriculture Branch of the Vladikavkaz Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences.

Contribution of the authors

All authors have contributed equally to this article. The authors declare that there is no conflict of interest.

The article was submitted to the editorial office on 10.06.2026; approved after review 09.09.2026; accepted for publication 14.09.2026.



ЗООТЕХНИЯ

Научная статья

УДК 58.033:697.92

https://doi.org/10.54258/20701047_2026_63_3_16

Оптимизация микроклимата для кур-несушек яичного кросса «Ломанн Белый» в условиях жаркого климата

Харолд Фонт Пуэнте¹, Виктор Викторович Малородов^{2✉},**Екатерина Сергеевна Виноградова³**^{1,2,3}Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева,
Москва, Россия¹hfont2022@gmail.com²malorodov@rgau-msha.ru ✉, <https://orcid.org/0000-0001-9033-7552>³e.vinogradova@vgnki.ru

Аннотация. Яичная продуктивность кур складывается из многочисленных факторов, в том числе исходя из нормативного микроклимата и воздухообмена в птичнике, учитывая газовый состав воздуха и равномерность перемещения воздушных потоков в помещении для увеличения пика и интенсивности яйценоскости несушек. Исследования выполнены в условиях птицефабрики ООО «Липецк-птица» Липецкой области. Выявлено, что содержание кур-несушек с применением дополнительной циркуляции воздуха в птичниках в объёме 219000 м³/сутки и углом наклона вентиляторов 7° позволяет увеличить однородность кур по живой массе на 1,0 %; сохранность поголовья – на 0,2 %; пик яйценоскости – на 1,8 %; продолжительность пика яйценоскости – на 1 неделю; интенсивность яйценоскости на среднюю несушку – на 2,3 %; выход яичной массы на среднюю несушку – на 0,5 кг; при этом снизить изменчивость живой массы кур на 1,2 % и расход корма на 1 кг произведённой яичной массы – на 0,02 кг, уровень рентабельности увеличен на 1,3 % – 1,7 %. Экспериментально подтверждена целесообразность применения дополнительной циркуляции воздуха между клеточными батареями с регулированием угла наклона вентиляторов по отношению к полу при содержании промышленного стада кур в продуктивный период.

Ключевые слова: куры-несушки, микроклимат, индекс равномерности микроклимата, воздухообмен, угол наклона вентиляторов, температура и относительная влажность воздуха

Для цитирования: Фонт Пуэнте Х., Малородов В. В., Виноградова Е. С. Оптимизация микроклимата для кур-несушек яичного кросса «Ломанн Белый» в условиях жаркого климата // Известия Горского государственного аграрного университета. 2026. Т. 63, № 3. С. 16-25. https://doi.org/10.54258/20701047_2026_63_3_16

Scientific article

Optimizing the microclimate for Lohmann White laying hens in hot climate conditions

Harold Font Puente¹, Viktor V. Malorodov^{2✉}, Ekaterina S. Vinogradova³

^{1,2,3}Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia

¹hfont2022@gmail.com

²malorodov@rgau-msha.ru[✉], <https://orcid.org/0000-0001-9033-7552>

³e.vinogradova@vgnki.ru

Abstract. Egg productivity of hens consists of numerous factors, including, based on the normative microclimate and air exchange in the poultry house, taking into account the gas composition of the air and the uniformity of the movement of air currents in the poultry houses to increase the peak and intensity of egg production. The research was carried out in the conditions of the poultry farm of LLC «Lipetsk Poultry» in the Lipetsk region. It was revealed that the maintenance of laying hens with the use of additional air circulation in poultry houses in the amount of 219000 m³/day and a fan angle of 7° allows to increase the uniformity of chickens in live weight by 1,0 %; livestock safety – by 0,2 %; peak egg production – by 1,8 %; duration of peak egg production – by 1 week; intensity of egg production per average laying hen – by 2,3 %; yield of egg mass per average laying hen – by 0,5 kg; at the same time reduce the variability of live weight of chickens by 1,2 % and feed consumption per 1 kg of produced egg mass increased by 0,02 kg, the profitability level increased by 1,3 % – 1,7 %. The expediency of using additional air circulation between cell batteries with control of the angle of inclination of the fans relative to the floor during the maintenance of an industrial herd of chickens during the productive period has been experimentally confirmed.

Key words: *laying hens, microclimate, microclimate uniformity index, air exchange, fan angle, temperature and relative humidity*

For citation: Font Puente H, Malorodov VV, Vinogradova ES. Optimizing the microclimate for Lohmann White laying hens in hot climate conditions. *Proceedings of Gorsky State Agrarian University*. 2026;63(Pt3):16-25. (In Russ.). Available from: https://doi.org/10.54258/20701047_2026_63_3_16

Введение. Интенсификация яичного птицеводства в жарких регионах с температурой воздуха окружающей среды, длительное время превышающей 30 °С, связана с рядом технологических рисков. Требуется усиленный контроль за поддержанием нормативного микроклимата и равномерности воздухообмена в птичниках для содержания кур-несушек. Даже незначительные отклонения параметров микроклимата могут спровоцировать стресс, приводящий к нарушению метаболизма и работы репродуктивной системы. Оптимизация микроклимата в птицеводческих помещениях для содержания кур-несушек представляет собой комплекс мероприятий, направленных на создание и поддержание параметров воздушной среды, максимально соответствующих физиологическим потребностям птицы для реализации генетически заложенного уровня яйценоскости. Экономическая эффективность данных мероприятий складывается из увеличения продуктивности несушек, снижения падежа и выбраковки, улучшения качества яиц и сокращения расхода корма [2].

Микроклимат для кур яичного кросса «Ломанн Белый» важен для достижения генетического потенциала несушек по интенсивности яйценоскости – свыше 93 % и поддержания качества пищевых яиц [8]. Один из критических параметров микроклимата для продуктивных кур – температура воздуха в сочетании с нормативной относительной влажностью в птичнике (55 % – 65 %). Оптимальный диапазон температуры воздуха в птичнике в течение суток в жарких регионах – 18 °С – 20 °С [9]. При температуре воздуха в птичнике ниже 13 °С увеличивается расход корма на поддержание температуры тела (до 1,5 % – 2 % на каждый градус) и увеличивается риск возникновения респираторных заболеваний у птицы [7]. При температуре воздуха в птичнике свыше 26 °С снижается потреб-

ление корма (на 1,0 % – 1,5 % на каждый градус), уменьшается масса яиц и ухудшается качество скорлупы. Температура воздуха в птичнике свыше 33 °С относится к опасной: птица тяжело дышит, раскрывает клюв, распускает крылья; снижается или прекращается потребление корма; уменьшается масса яиц и ухудшается качество скорлупы; резко возрастает падёж поголовья [5]. При относительной влажности воздуха в птичнике ниже 40 % у несушек постепенно высыхает слизистая дыхательных путей, в помещении повышается запыленность. Напротив, при относительной влажности воздуха свыше 75 % в сочетании с температурой свыше 26 °С у кур критически затрудняется теплоотдача испарением, что усугубляет тепловой стресс [4].

Для предотвращения теплового стресса у несушек применяют системы тоннельной вентиляции и испарительного охлаждения, а также охлаждающие панели [3; 6]. Экстренные меры (туманообразование, увеличение скорости движения воздуха на уровне птицы) требуются при температуре воздуха в птичнике свыше 32 °С [1; 10]. Однако современные системы управления микроклиматом, основанные на поддержании усреднённых параметров микроклимата, не учитывают динамику теплообразования птицы в зависимости от возраста, цикла продуктивности, времени суток и сезона года, а также микроклиматическую зональность.

Следовательно, разработка и внедрение новых технологических приёмов совершенствования микроклимата и повышения равномерности воздухообмена в птичниках для содержания кур-несушек актуально и позволит минимизировать эксплуатационные риски на фоне увеличения яйчной продуктивности промышленного стада кур.

Цель эксперимента – оптимизировать микроклимат в птичниках для содержания промышленного стада яйчных кур кросса «Ломанн Белый» в клеточных батареях при нормативной относительной влажности с целью снижения температуры воздуха в течение суток для условий жарких регионов.

Материал и методика исследований. Исследования выполнены в условиях птицефабрики ООО «Липецкптица» Липецкой области с умеренно континентальным типом климата (температура воздуха окружающей среды на территории производства во время проведения научных исследований достигала +33 °С при относительной влажности воздуха от 40 % до 90 %) в период с июля 2025 г. по май 2026 г.

Научно-практические исследования проводили в трёх аналогичных производственных корпусах размерами 18×96×3,5 м и площадью 1728 м² каждый (объём помещения – 6048 м³), оснащёнными шестью рядами 5-ярусных 2-рядных клеточных батарей модели «Goliat» компании «Техна». Площадь клетки – 0,44 м² с углом наклона решетки пола клетки – 7°.

Опыт выполняли по схеме, представленной в таблице 1. В опытных группах 2 (5 шт.) и 3 (8 шт.) для дополнительной циркуляции воздуха в птичниках применяли циркуляционные вентиляторы. В контрольной группе дополнительная циркуляция воздуха в птичнике отсутствовала. Расстояние между циркуляционными вентиляторами в группе 2 составило 18 м, в группе 3 – 11 м. В опытных группах 2 и 3 в связи с различным количеством применяемых вентиляторов исследовали также угол наклона корпуса вентиляторов по отношению к птице с целью создания охлаждающего эффекта для птицы. Руководствовались принципом увеличения угла наклона по мере уменьшения количества применяемых вентиляторов.

В эксперименте сформировали 3 группы 22-недельных кур кросса «Ломанн Белый» по 162 головы в каждой, сформированных методом пар-аналогов и содержали до 62-недельного возраста. Начальное поголовье в птичниках составляло 77 тыс. голов кур. В каждой группе индивидуальный учёт зоотехнических показателей несушек проводили исходя из 9 «контрольных» клеток (по 18 голов в каждой), расположенных в передней торцевой (3 клетки клеточной батареи № 1, слева-направо), центральной (3 клетки клеточной батареи № 3, слева-направо) и тыльной торцевой (3 клетки клеточной батареи № 6, слева-направо) частях помещения на 1-м, 2-м и 3-м ярусах клеточных батарей соответственно (по диагонали птичника).

Кур перевели в цех промышленного стада в 17-недельном возрасте и содержали в клеточных батареях с плотностью посадки 403 см²/гол. (11 кур в клетке – 20 гол./м²), фронтом кормления – 8 см/голове, нагрузкой на 1 ниппель/10 гол. Кормление кур осуществляли с помощью цепной кормо-

раздаточной системы. Рецепты комбикормов фаз 1 и 2 соответствовали требованиям производителя кросса «Ломанн Белый» по питательным характеристикам.

Таблица 1. Схема опыта
Table 1. Scheme of the experiment

Показатель / Indicator	Группа / Group		
	1 (к)	2	3
Количество циркуляционных вентиляторов, штук / Quantity of circulation fans, pieces	-	5	8
Производительность циркуляционных вентиляторов, тыс. м ³ /ч / Capacity of circulation fans, thousand m ³ /h	-	36,5	58,4
Суммарная дополнительная циркуляция воздуха, тыс. м ³ /сутки / Total additional air circulation, thousand m ³ /day	-	219,0	350,4
Расстояние между циркуляционными вентиляторами в проходе клеточных батарей, м / The distance between the circulation fans in the passage of the cage batteries, m	-	18	11
Угол наклона циркуляционного вентилятора по отношению к полу, град. / The angle of inclination of the circulation fan in relation to the floor, degrees	-	7	5
Наличие охлаждающих панелей / Availability of pad cooling	+	+	+

Источник: составлено по результатам собственных исследований.

Source: compiled based on the results of our own research.

Микроклимат в птичниках поддерживали в соответствии с руководством по выращиванию кросса «Ломанн Белый» и контролировали с помощью климат-контроллера «Fortica», разработанного компанией «Notraco Agri». На протяжении периода исследований микроклимат соответствовал нормативным значениям по температуре, относительной влажности и газовому составу воздуха. В помещениях использовали стабильный режим освещения с постепенным увеличением продолжительности светового дня от 9 ч до 15 ч.

С целью повышения равномерности микроклимата и улучшения воздухообмена в птичниках применяли циркуляционные вентиляторы фирмы «Биг Дачмен» (модель 6E50), каждый производительностью 7300 м³/ч работали автономно от газогенераторов открытого горения. Включение циркуляционных вентиляторов производили ежедневно с 22-недельного возраста кур. В группах 2 и 3 включение осуществлялось через контроллер управления микроклиматом с периодичностью через каждый час в течение 1 часа (с 9 ч до 20 ч), то есть суммарное время работы циркуляционных вентиляторов составляло 6 часов в сутки. Вентиляторы были установлены в центральной части помещения между клеточными батареями № 3 и № 4 (критическое пространство для формирования неравномерного воздухообмена, как следствие, микроклимата в птичниках) на высоте 2 м от пола на уровне 3-го и 4-го ярусов клеточных батарей, равноудалённо друг от друга и торцевых стен птичника. Место размещения циркуляционных вентиляторов связано с тем, что тёплый воздух легче холодного и по мере прогрева поднимается к крыше птичника.

Воздухообмен в птичниках обеспечивали приточно-вытяжной системой вентиляции, работающей по принципу отрицательного давления (давление воздуха в помещении ниже, чем снаружи помещения). Программа работы вентиляционной системы настроена по минимальному воздухообмену (не более 1,5 м³/ч/кг живой массы птицы) для весеннего, осеннего и зимнего климатических периодов года и максимальному воздухообмену (не более 6,0 м³/ч/кг живой массы птицы) для летнего климатического периода года.

Отопление в птичниках (при необходимости в ночное время суток) обеспечивали 4 газогенератора (каждый мощностью 120 кВт), установленных на высоте 2 м от пола на противоположных сторонах птичниках (2 слева и 2 справа) на равноудалённом расстоянии друг от друга.

Приток воздуха обеспечивали стенные приточные клапаны (90 штук), установленные в противоположных продольных стенах на высоте 2,5 м и через каждые 2 м друг от друга; приточные шахты (10 шт.), установленные в крыше в шахматном порядке через каждые 9 м друг от друга.

Удаление воздуха из птичника осуществляли с помощью вытяжных вентиляторов (20 шт.) каждый производительностью 40000 м³/ч (суммарная фактическая производительность – 800000 м³/ч).

Для дополнительного охлаждения воздуха внутри помещений в летний климатический период года (в дни с температурой воздуха свыше 28,0 °С) применяли охлаждающие панели (Pad cooling) длиной 15 м, высотой 2 м и глубиной гофрированного картона 15 см, установленные в передней торцевой части и по бокам продольных стен здания. Подачу проточной воды (температурой от 6 °С до 10 °С) включали каждые 5 минут на 40 с в дневные часы (с 8 ч утра до 18 ч вечера).

Параметры микроклимата измеряли согласно схеме работы климат-контроллера на основании регистрации данных 8 датчиков температуры и относительной влажности воздуха, установленных на высоте 2 м от пола в проходах между 2 и 3; 4 и 5 рядами клеточных батарей на расстоянии 20 м от торцевых стен. Воздухообмен определяли расчётным путём на основании показаний фактического воздухообмена на контроллере микроклимата. Измерение параметров микроклимата регистрировали каждые 4 недели с 22- до 62-недельного возраста в 2 ч ночи и 8 ч дня. Суммарно 16 измерений: по 2 измерения от каждого из 8 датчиков, равноудалённых друг от друга и установленных между 3 и 4 ярусами клеточных батарей № 3 и № 4 (посередине помещения) на высоте 2,3 м.

С целью оценки равномерности воздухообмена в птичниках применяли расчёт индекса равномерности микроклимата (ИРМ) на основании 16 измерений температуры воздуха по формуле:

$$\text{ИРМ} = \frac{\mu}{\sum \pm \Delta\mu},$$

где: ИРМ – индекс равномерности микроклимата, ед.;

μ – среднее арифметическое значение измерений;

$\sum \pm \Delta\mu$ – сумма положительных и отрицательных отклонений от среднего арифметического значения.

Чем выше значение ИРМ, тем выше равномерность микроклимата.

Результаты исследований и их обсуждение. Анализ микроклимата в птичниках в ночное время суток указывает на более низкую температуру воздуха в группе 2 – ниже на 0,6 °С и 0,3 °С соответственно по сравнению с группами 1 и 3, что может быть связано с увеличенным углом наклона циркуляционных вентиляторов. Аналогичная тенденция наблюдается в дневное время суток – температура воздуха в группе 2 ниже на 0,8 °С и 0,4 °С соответственно по сравнению с группами 1 и 3, что может быть связано с включением циркуляционных вентиляторов в дневное время суток согласно схеме. Относительная влажность воздуха практически не отличалась между группами. Наивысшая равномерность микроклимата получена в группе 2 со значением индекса 5,6 единиц, что на 1,7 и 0,1 единиц выше по сравнению с группами 1 и 3 соответственно. Практически идентичные значения ИРМ в группах 2 и 3 указывают на целесообразность и достаточность применения 5 циркуляционных вентиляторов вместо 8, регулируя при этом угол наклона корпуса вентиляторов. На фоне снижения температуры воздуха в птичниках в группах 2 и 3 по сравнению с контрольной снижено потребление воды несушками на 15,2 и 8,7 мл / голову / сутки соответственно (табл. 2).

В таблице 3 приведены амплитудные значения температуры воздуха в птичниках в ночное и дневное время, исходя из минимальной и максимальной температуры в течение суток. Расчёт средних значений изменения температуры воздуха в течение суток указывает на наименьшие расхождения в группе 2 °С – 2,2 °С, что на 0,3 °С и 0,1 °С ниже в сравнении с группами 1 и 3 соответственно. Самая низкая амплитуда температуры воздуха в птичнике указывает на повышение равномерности микроклимата (воздухообмена) в группе 2.

За период эксплуатации куры практически не отличались между группами и соответствовали оптимальным значениям живой массы, определённым производителем кросса «Ломанн Белый». Изменчивость живой массы кур в группах 2 и 3 составила 6,5 % и 7,0 %, что ниже на 1,2 % и 0,5 % соответственно, чем в контрольной группе. Напротив, однородность кур по живой массе в группе 2 – 96,0 %, что на 1,0 % и 0,3 % выше соответственно по сравнению с группами 1 и 3. Наивысшая сохранность кур получена в группе 2 – 92,6 %, что на 0,3 % и 0,1 % выше соответственно по сравне-

нию с группами 1 и 3. За 40 недель содержания куры в группе 2 в расчёте на 1 кг яичной массы израсходовали корма на 0,01 кг – 0,02 кг меньше по сравнению с группами 1 и 3 соответственно (табл. 4).

Таблица 2. Средние значения параметров и индекса равномерности микроклимата, потребления воды за 40-недельный период эксплуатации кур-несушек

Table 2. Average values of parameters and index of uniformity of microclimate, water consumption for the 40-week period of operation of laying hens

Показатель / Indicator	Группа / Group		
	1 (к)	2	3
Ночная температура воздуха, °C / Night air temperature, °C	20,0	19,4	19,7
Дневная температура воздуха, °C / Daytime air temperature, °C	22,4	21,6	22,0
Относительная влажность воздуха, % / Relative humidity of the air, %	58,1	56,7	57,5
Индекс равномерности микроклимата, ед. / The index of uniformity of microclimate, units.	3,9	5,6	5,5
Потребление воды, мл / голову / сутки / Water consumption, ml / head / day	338,8	323,6	330,1

Примечание: ИРМ рассчитан на основании 16 измерений температуры воздуха в 8 различных микроклиматических зонах птичника.

Note: The IUM is calculated based on 16 measurements of air temperature in 8 different microclimatic zones of the poultry house.

Источник: составлено по результатам собственных исследований.

Source: compiled based on the results of our own research.

Таблица 3. Амплитудные значения (А) температуры воздуха в птичниках в ночное (min) и дневное (max) время суток, °C

Table 3. Amplitude values (A) of air temperature in poultry houses at night (min) and daytime (max) time of day, °C

Возраст кур, недель / Age of laying hens, weeks	Группа / Group								
	1 (к)			2			3		
Значение / Meaning	max	min	A	max	min	A	max	min	A
22	24,5	21,6	2,9	24,2	21,0	3,2	24,4	21,4	3,0
26	21,8	19,9	1,9	21,3	19,6	1,7	21,6	19,8	1,8
30	20,8	18,9	1,9	20,5	18,2	2,3	20,7	18,9	1,8
34	18,8	17,8	1,0	18,7	17,3	1,4	18,8	17,6	1,2
38	21,7	21,7	0,0	21,1	21,1	0,0	21,6	21,6	0,0
42	22,6	20,9	1,7	22,3	20,0	2,3	22,4	20,5	1,9
46	18,7	17,9	0,8	18,3	17,9	0,4	18,5	17,9	0,6
50	21,9	18,9	3,0	21,5	18,4	3,1	21,7	18,6	3,1
54	24,4	21,8	2,6	24,1	21,0	3,1	24,3	21,3	3,0
58	27,2	18,9	8,3	22,0	18,7	3,3	24,1	18,9	4,2
62	24,5	21,3	3,2	24,0	20,3	3,7	24,5	20,6	3,9
Среднее значение / Average value	-	-	2,5	-	-	2,2	-	-	2,3

Источник: составлено по результатам собственных исследований.

Source: compiled based on the results of our own research.

Таблица 4. Зоотехнические результаты содержания кур до 62-недельного возраста
Table 4. Zootechnical results of exploitation laying hens up to 62 weeks of age

Показатель / Indicator	Группа / Group		
	1 (к)	2	3
Средняя живая масса, г / Average live weight, g	1780,1 ± 13,9	1797,9 ± 13,5	1784,5 ± 14,1
Изменчивость живой массы, % / Variation of live weight, %	7,7	6,5	7,0
Однородность по живой массе, % / Uniformity by live weight, %	95,0	96,0	95,7
Сохранность, % / Safety, %	92,3	92,6	92,5
Расход корма на 1 кг яичной массы, кг / Feed consumption per 1 kg of egg mass, kg	2,01	1,99	2,00

Источник: составлено по результатам собственных исследований.

Source: compiled based on the results of our own research.

Наименьший возраст достижения 50 % яйценоскости кур получен в группе 2 с преимуществом в 1-2 суток по сравнению с группами 1 и 3, что также повлияло на сокращение периода достижения пика яйценоскости на 1 неделю. Это также позволило в группе 2 увеличить пик яйценоскости на 1,4 % – 1,8 % и продолжительность пика яйценоскости на 1 неделю по сравнению с группами 1 и 3. Наивысшая яйценоскость на начальную несущку получена в группе 2 – 250,6 яиц, что на 2,0 % и 0,9 % выше по сравнению с группами 1 и 3 соответственно. Преимущество также позволило увеличить интенсивность яйценоскости на 1,7 % и 0,8 % соответственно. Яйценоскость на среднюю несущку также наибольшая в группе 2 – 258,5 яиц, что на 2,6 % и 0,9 % выше по сравнению с группами 1 и 3 соответственно. Следовательно, увеличена интенсивность яйценоскости на среднюю несущку на 2,3 % и 0,8 % соответственно. Средняя масса яиц отличалась незначительно между группами. На основании значений яйценоскости и средней массы яиц рассчитана яичная масса, полученная на начальную и среднюю несущку. Преимущество группы 2 по изучаемому показателю составляет 0,2 кг – 0,4 кг на начальную несущку и 0,2 кг – 0,5 кг на среднюю несущку по сравнению с группами 1 и 3 соответственно (табл. 5).

Таблица 5. Яичная продуктивность кур-несушек
Table 5. Egg productivity of laying hens

Показатель / Indicator	Группа / Group		
	1 (к)	2	3
1	2	3	4
Возраст достижения 50% яйценоскости, суток / Age of reaching 50% of egg production, days	143	141	140
Пик яйценоскости, % / Peak egg production, %	93,1	94,9	93,5
Возраст достижения пика яйценоскости, недель / Age of peak egg production, weeks	32	31	31
Продолжительность пика яйценоскости, недель / Duration of peak egg production, weeks	6	8	7
Яйценоскость на начальную несущку, шт. / Egg production per initial laying hen, pcs.	245,7	250,6	248,3
Интенсивность яйценоскости на начальную несущку, % / Egg production rate per initial laying hen, %	87,8	89,5	88,7

Продолжение таблицы 5

1	2	3	4
Интенсивность яйценоскости на среднюю несушку, % / Egg production rate per average laying hen, %	90,0	92,3	91,5
Средняя масса яиц, г / Average weight of eggs, g	61,2± 0,19	61,6± 0,17	61,4± 0,19
Яичная масса, кг / гол. / Egg mass, kg / head per initial laying hen / per medium laying hen /	15,0	15,4	15,2
	15,4	15,9	15,7

Источник: составлено по результатам собственных исследований.

Source: compiled based on the results of our own research.

В результате расчёта экономической эффективности установлено, что за счёт наибольшей выручки в группах 2 и 3 уровень рентабельности выше на 1,7 % и 1,3 % соответственно, чем в контрольной группе (табл. 6).

Таблица 6. Экономическая эффективность содержания кур промышленного стада
в расчёте на 1000 голов принятых на выращивание самок

Table 6. Economic efficiency of exploitation laying hens an industrial herd per 1,000 heads of accepted growing females

Показатель / Indicator	Группа / Group		
	1 (к)	2	3
Валовый сбор яиц, тыс. шт. / Gross egg harvest, thousand units	232,6	239,4	236,9
Затраты на содержание птицы, тыс. руб. / The cost of poultry maintenance, thousand rubles	1 940,4	1 919,7	1 952,6
Выручка от реализации яиц, тыс. руб. / Revenue from the sale of eggs, thousand rubles	2 209,7	2 274,3	2 250,5
Прибыль, тыс. руб. / Profit, thousand rubles	269,3	354,6	297,9
Уровень рентабельности производства яиц, % / The level of profitability of egg production, %	13,9	15,6	15,2

Источник: составлено по результатам собственных исследований.

Source: compiled based on the results of our own research.

Заключение

С целью повышения зоотехнической и экономической эффективности содержания промышленного стада кур яичного кросса «Ломанн Белый» для производства пищевых яиц следует выполнять следующие рекомендации:

1. Для оптимизации температурно-влажностного режима применять индекс равномерности микроклимата (ИРМ) на основании измерений температуры воздуха в различных микроклиматических зонах птичника с учётом частей и сторон помещения, а также ярусности клеточных батарей (16 измерений).

2. Использовать дополнительную циркуляцию воздуха в птичнике в объёме 219000 м³/сутки. Циркуляционные вентиляторы (5 шт., каждый производительностью 7300 м³/ч, угол наклона 7°) устанавливать между клеточными батареями в средней части помещения на высоте 2 м от пола на уровне 3-го и 4-го ярусов клеточных батарей в птичнике размером 18 х 96 х 3,5 м.

3. Включать вентиляторы ежедневно с периодичностью через каждые 2 часа 6 раз в сутки с 9 ч до 20 ч (1 ч работа: 1 ч пауза) с суммарным временем работы циркуляционных вентиляторов 6 ч / сутки, с 22-недельного возраста кур до завершения продуктивного цикла.

Список источников

1. Аллахвердиев Р. Б. Снижение отрицательного воздействия теплового стресса на яичную продуктивность кур-несушек мясных пород // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства : сборник научных трудов Национальной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора биологических наук, профессора Е. П. Ващекина, Заслуженного работника Высшей школы РФ, Почетного работника высшего профессионального образования РФ, Почетного гражданина Брянской области, Брянск, 22–23 января 2020 года. Том Часть 2. – Брянск: Брянский государственный аграрный университет, 2020. – С. 163-167. – EDN LSKDUT.
2. Бояринов, Е. Особенности и основные виды автоматизации микроклимата птичника // Вестник науки. 2023. Т. 3. №. 5 (62). С. 1026-1028. EDN FYURUB.
3. Автоматизированная система обеспечения микроклимата в птичниках / И. М. Довлатов, Л. Ю. Юферева, В. В. Кирсанов [и др.] // Вестник НГИЭИ. 2018. № 7(86). С. 7-18. – EDN XRZDXV.
4. Влияние гипертермии на гематологические показатели и продуктивность кур-несушек / Л. И. Дроздова, С. В. Малков, А. С. Красноперов [и др.] // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). 2022. № 4(65). С. 105-112. DOI 10.31677/2072-6724-2022-65-4-105-112. – EDN DDBYOP.
5. Влияние теплового стресса на несушек: Советы по менеджменту для улучшения производственных показателей стада при жаркой погоде // Hy-Line International, 2016. Электрон. версия. URL: <https://www.hyline.com/Upload/Resources/TU%20HEAT%20RUS.pdf> (дата обращения: 21.07.2026).
6. Савчук, И. В., Басуматорова, Е. А. Автоматический микроклимат птичника на многопрофильном сельскохозяйственном предприятии // Научно-технический вестник Поволжья. 2023. №. 9. С. 175-178. EDN ХКСОРМ.
7. Влияние температуры окружающей среды на здоровье и продуктивность кур-несушек при клеточном содержании / Ж. Е. Титанов, Ж. Ж. Уахитов, Н. Ж. Кажгалиев [и др.] // Наука и образование. 2025. Т. 5, вып. 2(79). С. 95-103. DOI 10.52578/2305-9397-2025-2-5-95-103.
8. Черноморцева С. В. Микроклимат птичников и его влияние на физиологическое состояние и продуктивность кур-несушек // Вестник КрасГАУ. 2006. №. 6. С. 268-271. EDN HBMZMW.
9. Effects of acute and chronic heat stress on the performance, egg quality, body temperature, and blood gas parameters of laying hens / N. W. Barrett, K. Rowland, C. J. Schmidt [et al.] // Poultry Science. 2019. Vol. 98, № 12. P. 6684–6692. <https://doi.org/10.3382/ps/pez541> PMID: 31573614; PMCID: PMC8914008.
10. Changes in Production Parameters, Egg Qualities, Fecal Volatile Fatty Acids, Nutrient Digestibility, and Plasma Parameters in Laying Hens Exposed to Ambient Temperature / D. H. Kim, Y. K. Lee, S. D. Lee [et al.] // Frontiers in Veterinary Science. 2020. Vol. 7. P. 412. <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.00412>. PMID: 32766297; PMCID: PMC7379879.

References

1. [Allahverdiev RB. Reducing the negative effects of heat stress on egg productivity of laying hens of meat breeds. In: *Actual problems of intensive development of animal husbandry : collection of scientific papers of the National scientific and practical Conference dedicated to the memory of Doctor of Biological Sciences, Professor E. P. Vashchekin, Honored Worker of Higher Education of the Russian Federation, Honorary Worker of Higher Education Professional Education of the Russian Federation, Honorary Citizen of the Bryansk region; 2020 Jan 22-23; Bryansk*. Vol. 2. Bryansk: Bryansk State Agrarian University; 2020. p. 163-7]. (In Russ.). EDN: LSKDUT.
2. Boyarinov E. Features and main types of automation of the microclimate of the poultry house. *Bulletin of Science*. 2023;3(5):1026-8. (In Russ.). EDN: FYURUB.
3. Dovlatov IM, Yuferev LYu, Kirsanov VV, et al. Automated system of provision of the microclimate in poultry houses. *Bulletin NGIEI*. 2018;7(86):7-18. EDN: XRZDXV.
4. Drozdova LI, Malkov SV, Krasnoperov AS, et al. Effect of hyperthermia on hematological parameters and productivity of laying hens. *Vestnik NGAU (Novosibirsk State Agrarian University)*. 2022;4(65):105-12. (In Russ.). Available from: <https://doi.org/10.31677/2072-6724-2022-65-4-105-112>. EDN: DDBYOP.

5. The effect of heat stress on laying hens: Management tips for improving the production performance of herds in hot weather [Internet]. Hy-Line International 2016 [cited 2026 Jul 21]. Available from: <https://www.hyline.com/Upload/Resources/TU%20HEAT%20US.pdf> (date of request: 07.21.2026).
6. Savchuk IV, Basumatorova EA. Automatic microclimate of a poultry house at a multidisciplinary agricultural enterprise. *Scientific and Technical Volga Region Bulletin*. 2023;(9):175-8. (In Russ.). EDN: XKCOPM.
7. Titanov ZhE, Uakhitov ZhZh, Kazhgaliyev NZh, et al. The influence of ambient temperature on the health and productivity of laying hens in cage housing systems. *Gylym zane bilim*. 2025;5-2(79):95-103. (In Russ.). Available from: <https://doi.org/10.52578/2305-9397-2025-2-5-95-103>.
8. [Chernomortseva SV. Microclimate of poultry houses and its effect on the physiological state and productivity of laying hens. *Bulletin of KrasGAU*. 2006;(6):268-71]. (In Russ.). EDN: HBMZMW.
9. Barrett NW, Rowland K, Schmidt CJ, et al. Effects of acute and chronic heat stress on the performance, egg quality, body temperature, and blood gas parameters of laying hens / *Poultry Science* [Internet]. 2019 Dec 17[cited 2026 Jul 21];98(12):6684–92. Available from: <https://doi.org/10.3382/ps/pez541> English. PubMed PMID: 31573614; PubMed Central PMCID: PMC8914008.
10. Kim DH, Lee YK, Lee SD, et al. Changes in Production Parameters, Egg Qualities, Fecal Volatile Fatty Acids, Nutrient Digestibility, and Plasma Parameters in Laying Hens Exposed to Ambient Temperature. *Frontiers in Veterinary Science* [Internet]. 2020 Jul 17 [cited 2026 Jul 21];(7):412. Available from: <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.00412> English. PubMed PMID: 32766297; PubMed Central PMCID: PMC7379879.

Информация об авторах

Х. Фонт Пуэнте – аспирант кафедры частной зоотехнии;

В. В. Малородов – кандидат сельскохозяйственных наук;

Е. С. Виноградова – магистрант кафедры частной зоотехнии.

Вклад авторов

В подготовку данной публикации все авторы осуществили эквивалентный вклад. Конфликт интересов авторов отсутствует.

Статья поступила в редакцию 02.07.2026; одобрена после рецензирования 28.08.2026; принята к публикации 04.09.2026.

Авторы принимают условия Договора по передаче авторских прав на статью и ее публикации.

Information about the authors

H. Font Puente – Postgraduate student of the Department of Special Animal Husbandry;

V. V. Malorodov – PhD (Agriculture);

E. S. Vinogradova – Master student of the Department of Special Animal Husbandry.

Contribution of the authors

The authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

The article was submitted to the editorial office on 02.07.2026; approved after review 28.08.2026; accepted for publication 04.09.2026.

The authors accept the terms of the agreement regarding the transfer of copyright for the article and its publication.



Научная статья

УДК 636.2.082.233

https://doi.org/10.54258/20701047_2026_63_3_26

Влияние быков-производителей с разным генотипом бета-казеина на молочную продуктивность и сыропригодность молока коров

Галина Юрьевна Березкина^{1✉}, Анастасия Александровна Фомина²,
Татьяна Геннадьевна Гарданова³

^{1,2,3}Удмуртский государственный аграрный университет, Ижевск, Россия

¹g-berezkina@mail.ru[✉], <https://orcid.org/0000-0002-5704-5571>

²a.a.fomina1989@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0000-1275-3825>

³gardanovatg@komos.ru, <https://orcid.org/0009-0006-3649-6388>

Аннотация. Современное сыроделие требует молока с определёнными технологическими свойствами. Поэтому результаты исследования влияния генотипа быков-производителей по гену β -казеина (CSN2) на молочную продуктивность, качество молока и его технологические свойства, определяющие пригодность для сыроделия являются актуальными. Работа выполнена на базе ОП УНПК Ижагроплем Удмуртского ГАУ в 2023 - 2026 гг. Объектом исследований послужили дочери, полученные от быков-производителей с разными вариантами гена бета-казеина (CSN2). Установлено, что наибольшей молочной продуктивностью характеризовались коровы III группы (отцы с генотипом A2A2) - удой за 305 дней лактации составил 9553 кг, что достоверно превышает показатели II группы (A1A2) на 16,4 % ($P \geq 0,999$) и I группы (A1A1) на 3,8 %. По массовой доле белка и жира также отмечено преимущество животных III группы. Оценка сыропригодности показала, что молоко от коров с отцовским генотипом A2A2 формирует более плотный и эластичный сычужный сгусток, имеет пониженное содержание соматических клеток (93,8 тыс./см³ против 277,4 тыс./см³ в I группе) и лучшие показатели бродильной и сычужно-бродильной проб. При производстве полутвёрдого сыра «Российский» из молока III группы получено зерно оптимальной упругости и слипаемости, выход сыра достиг 12 %, а дегустационная оценка - 95 баллов. Молоко I и II групп показало худшие технологические свойства (крошливость сгустка, слабое отделение сыворотки, невыраженный вкус сыра).

Ключевые слова: быки-производители, ген бета-каротина, молочная продуктивность, качество молока, сыропригодность, качество сыра

Для цитирования: Березкина Г.Ю., Фомина А.А., Гарданова Т.Г. Влияние быков-производителей с разным генотипом бета-казеина на молочную продуктивность и сыропригодность молока коров // Известия Горского государственного аграрного университета. 2026. Т. 63, № 3. С. 26-34. https://doi.org/10.54258/20701047_2026_63_3_26

Scientific article

The influence of breeding bulls with different beta-casein genotypes on milk productivity and cheese suitability of cows' milk

Galina Yu. Berezkina^{1✉}, Anastasia A. Fomina², Tatiana G. Gardanova³

^{1,2,3}Udmurt State Agrarian University, Izhevsk, Russia

¹g-berezkina@mail.ru[✉], <https://orcid.org/0000-0002-5704-5571>

²a.a.fomina1989@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0000-1275-3825>

³gardanovatg@komos.ru, <https://orcid.org/0009-0006-3649-6388>

Abstract. Modern cheesemaking requires milk with specific technological properties. Therefore, the results of a study on the influence of the sire genotype for the β -casein gene (CSN2) on milk productivity, milk quality and its technological properties, determining its suitability for cheesemaking, are relevant. The work was carried out at the OP UNPK Izhaoplem of the Udmurt State Agrarian University in 2023-2026. The object of the study were daughters obtained from sires with different variants of the beta-casein gene (CSN2). It was found that cows of group III (fathers with the A2A2 genotype) were characterized by the highest milk productivity; the milk yield in 305 days of lactation was 9553 kg, which significantly exceeds the indicators of group II (A1A2) by 16.4 % ($P \geq 0.999$) and group I (A1A1) by 3.8 %. Group III animals also showed an advantage in terms of protein and fat mass fraction. An assessment of cheese suitability revealed that milk from cows with the A2A2 paternal genotype produces a denser and more elastic rennet curd, has a lower somatic cell content (93.8 thousand/cm³ versus 277.4 thousand/cm³ in group I), and has better fermentation and rennet-fermentation test results. When producing semi-hard «Rossiysky» cheese from group III milk, a curd with optimal elasticity and cohesion was obtained, with a cheese yield of 12% and a tasting score of 95 points. Milk from groups I and II demonstrated poorer technological properties (crumb crumbliness, poor whey separation, and a dull cheese flavor).

Keywords: *Breeding bulls, beta-carotene gene, milk productivity, milk quality, cheese suitability, cheese quality*

For citation: Berezkina GYu, Fomina AA, Gardanova TG. The influence of sires with different beta-casein genotypes on milk productivity and cheese-making qualities of cows. *Proceedings of Gorsky State Agrarian University*. 2026;63(Pt3):26-34. (In Russ.). Available from: https://doi.org/10.54258/20701047_2026_63_3_26

Введение. Современное молочное скотоводство все больше ориентируется не только на рост продуктивности, но и на качество сырья для глубокой переработки [1; 2]. Изучение влияния быков-производителей, несущих разные варианты (аллели) гена бета-казеина, напрямую связано с производством молока, пригодного для сыроделия и детского питания. Наиболее востребованным является вариант A2A2, дающий молоко без протеина A1, который связывают с дискомфортом при пищеварении у людей и технологическими проблемами при переработке [3; 4]. Глобальный тренд на «молоко A2» создает рыночное преимущество для хозяйств, использующих быков с желаемым генотипом. В то же время некорректный подбор производителей без учета бета-казеина может привести к закреплению в стаде нежелательного варианта A1. Оценка быков по этому признаку позволяет ускоренно переводить стадо на тип A2A2 без потери продуктивности, так как ген бета-казеина не связан с удоем [5-7].

Цель – изучить влияние быков-производителей с разным генотипом бета-казеина на молочную продуктивность, качество молока и его сыропригодность.

Материалы и методы. Исследования проводились в ОП УНПК Ижагрозлем и лаборатории кафедры технологии переработки продукции животноводства Удмуртского ГАУ в период с 2023 по 2026 гг. Объектом исследований послужили дочери, полученные от быков-производителей с разными вариантами гена бета-казеина (CSN2).

Для изучения влияния быков-производителей, несущих разные варианты (аллели) гена бета-казеина (CSN2) были отобраны 6 быков-производителей: Спаулдинг 11591475 и Кислород 2358 с генотипом A1A1, Йорк-М 5157 и Стивен 3962 с генотипом A1A2, АльтаМопан 355936976 и Уотсон 3128013733 с генотипом A2A2, которые имели по 12 лактирующих дочерей. Методом пар-аналогов сформировали три группы по 12 голов: I группа – коровы, полученные от быков-производителей с локусом A1A1, II группа – коровы, полученные от быков-производителей с локусом A1A2 и III группа – коровы, полученные от быков-производителей с локусом A2A2. Средний возраст коров в каждой группе 2,4 лактации.

Уровень молочной продуктивности поголовья определяли на основании данных плановых контрольных доек. По их результатам рассчитывали величину удоя за каждый месяц и суммарный надой за полный лактационный цикл, а дополнительно фиксировали химический состав полученного молока.

При определении органолептических и физико-химических показателей качества молока использовались стандартные методики анализа.

Микробиологическая составляющая оценивалась по трём основным критериям: количеству мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФанМ) согласно ГОСТ 32901-2014, содержанию соматических клеток (методика по ГОСТ 23453-2014) и наличию ингибирующих веществ, в частности, антибиотиков, выявляемых иммуноферментным способом по ГОСТ 32219-2013.

Технологический потенциал молока определяли по следующим параметрам: сычужная свертываемость (метод З.Х. Диланяна, 1971), диаметр (в ангстремах) и масса (в миллионах единиц молекулярной массы) казеиновых мицелл по методикам П.В. Кугенева и Н.В. Барабанщикова (1973), а также класс по сычужно-бродильной пробе, установленный по ГОСТ 32901-2014.

Отбор образцов и их предварительная подготовка к лабораторным исследованиям выполнялись с учётом требований ГОСТ 26809.1-2014, где прописаны правила приемки и методы пробоподготовки.

Для изготовления сыра использовалась сыроварня «Корсар» рабочим объёмом 40 литров. Готовый продукт сыр «Российский» вырабатывался в строгом соответствии с техническими условиями ТУ 9225-134-04610209-2004.

Готовая продукция прошла дегустационную оценку согласно рекомендациям ГОСТ Р ИСО 22935-1-2011, посвящённого органолептическому контролю молочных изделий.

Степень созревания сыра вычисляли по формуле:

$$X = (V2 - V1) \times 100,$$

где: X – это показатель зрелости в градусах Шиловича;

V1 – объём (см³) 0,1 н раствора едкого натра, израсходованного на титрование пробы с фенолфталеином;

V2 – объём (см³) того же раствора, затраченный на титрование с тимолфталеином.

Все экспериментальные данные подвергались биометрической обработке с применением персональной вычислительной техники и специализированного программного обеспечения, при этом использовались математические подходы, изложенные в работах Н.А. Плохинского (1969) и Е.К. Меркурьевой (1970).

Результаты и исследований. Продуктивность дочерей, полученных от быков-производителей с разным генотипом β-казеина представлена в таблице 1.

В среднем по I группе наибольший удой за 305 дней лактации был у дочерей быков с генотипом A2A2 и составил 9553 кг, что выше по сравнению с аналогами дочерей быков с генотипом A1A2 на 1348 кг, или 16,4 % ($P \geq 0,999$) и дочерей быков с генотипом A1A1 на 346 кг, или 3,8 %. Наибольшая продуктивность отмечена у дочерей быка АльтаМопан 355936976 – 10113 кг с содержанием жира и белка в молоке 4,14 и 3,13 %, соответственно.

Содержание жира в молоке дочерей всех быков-производителей находилось на уровне 4,06–4,18 %. У дочерей быков-производителей с генотипом A2A2 в среднем по группе жира в молоке достоверно больше по сравнению с аналогами второй группы (генотип A1A2) на 0,06 п.п. ($P \geq 0,95$).

По уровню белка в молоке: наибольшее содержание белка в молоке у дочерей быков с генотипом A2A2 (3,20 %), наименьшее у дочерей быков с генотипом A1A1 (3,11 %), при этом разница в группах достоверная ($P \geq 0,95$).

Коэффициент молочности, отражающий удой на 100 кг живой массы, оказался максимальным в группе дочерей быков-производителей с генотипом A2A2 (1816 кг) и минимальным во II группе, где генотип по бета-казеину у быков A1A2 (1569 кг), что свидетельствует о лучшей эффективности конверсии корма у носителей аллеля A2. Нужно отметить, что дочери быков-производителей с генотипом A1A1 и A2A2 достоверно ($P \geq 0,999$) превосходят аналогов дочерей быков с генотипом A1A2 на 247 и 178 кг соответственно.

Генотип быка по бета-казеину (A1/A2) напрямую влияет на сыропригодность молока его дочерей, поскольку коровы наследуют от производителя один из двух аллелей.

В таблице 2 представлены основные показатели сыропригодности молока.

Таблица 1. Продуктивность дочерей, полученных от быков-производителей с разным генотипом β -казеина
Table 1. Productivity of daughters obtained from bulls with different β -casein genotypes

Кличка и № быка / Bull's nickname and number	Генотип β -казеина / Genotype β -casein	Удой за 305 дней лактации, кг / Milk yield for 305 days of lactation, kg	Содержание жира, % / Fat content, %	Содержание белка, % / Protein content, %	Количество молочного жира, кг / Amount of milk fat, kg	Количество молочного белка, кг / Milk protein content, ru	Живая масса, кг / Live weight, kg	Коэффициент молочности, кг / Milk yield coefficient, kg
Спаудлинг 11591475 / Spaulding 11591475	A1A1 / A1A1	9482 $\pm$ 282,4	4,00 $\pm$ 0,09	3,13 $\pm$ 0,06	379,3 $\pm$ 6,7	296,8 $\pm$ 9,2	529 $\pm$ 6,6	1792 $\pm$ 35,8
Кислород 2358 / Oxygen 2358	A1A1 / A1A1	8931 $\pm$ 163,0	4,18 $\pm$ 0,09	3,09 $\pm$ 0,02	373,3 $\pm$ 8,1	276,0 $\pm$ 5,9	525 $\pm$ 6,4	1701 $\pm$ 26,3
В среднем по I группе / On average for group I		9207 $\pm$ 107,3***	4,09 $\pm$ 0,03	3,11 $\pm$ 0,02	376,5 $\pm$ 8,3***	286,3 $\pm$ 8,2**	527 $\pm$ 6,7	1747 $\pm$ 17,2***
Йорк-М 5157 / York-M 5157	A1A2 / A1A2	8735 $\pm$ 222,9	4,14 $\pm$ 0,01	3,17 $\pm$ 0,01	361,6 $\pm$ 8,1	276,9 $\pm$ 7,6	525 $\pm$ 5,9	1664 $\pm$ 37,3
Стивен 3962 / Stephen 3962	A1A2 / A1A2	7675 $\pm$ 171,8	4,06 $\pm$ 0,02	3,16 $\pm$ 0,02	311,6 $\pm$ 5,2	240,3 $\pm$ 8,4	520 $\pm$ 6,5	1476 $\pm$ 44,9
В среднем по II группе / On average for group II		8205 $\pm$ 198,3	4,10 $\pm$ 0,03	3,17 $\pm$ 0,02	336,4 $\pm$ 7,1	260,1 $\pm$ 6,2	523 $\pm$ 7,9	1569 $\pm$ 25,8
АльтаМопан 355936976 / AltaMopan 355936976	A2A2 / A2A2	10113 $\pm$ 158	4,14 $\pm$ 0,02	3,20 $\pm$ 0,02	418,7 $\pm$ 7,3	323,6 $\pm$ 4,9	528 $\pm$ 6,6	1915 $\pm$ 24,8
Уотсон 3128013733 / Watson 3128013733	A2A2 / A2A2	8993 $\pm$ 207,3	4,17 $\pm$ 0,02	3,20 $\pm$ 0,03	375,0 $\pm$ 6,7	287,8 $\pm$ 5,1	524 $\pm$ 8,5	1716 $\pm$ 36,2
В среднем по III группе / On average for group III		9553 $\pm$ 161,7***	4,16 $\pm$ 0,01*	3,20 $\pm$ 0,03*	397,4 $\pm$ 5,8***	305,7 $\pm$ 6,4***	526 $\pm$ 6,8	1816 $\pm$ 25,7***

Примечание: ** - $P \geq 0,99$; *** - $P \geq 0,999$

Источник: составлено авторами на основании экспериментальных данных

Source: compiled by the authors on the basis of experimental data

Таблица 2. Оценка сыропригодности молока
Table 2. Evaluation of milk suitability for cheese production

Показатель / Indicator	Группа / Group		
	I	II	III
Органолептические / Organoleptic			
Внешний вид, цвет, консистенция, вкус, запах / Appearance, color, consistency, taste, odor	Однородная жидкость, белый цвет, без посторонних привкусов и запахов / A homogeneous liquid, white in color, with no foreign tastes or odors		
Физико-химические / Physicochemical			
Массовая доля жира, % / Mass fraction of fat, %	4,12 ± 0,02	4,15 ± 0,02	4,18 ± 0,01
Массовая доля белка, % / Mass fraction of protein, %	3,12 ± 0,02	3,17 ± 0,02	3,21 ± 0,02 **
Доля казеина в общем белке, % / The proportion of casein in total protein, %	78,6	79,1	83,0
Массовая доля казеина, % / Mass fraction of casein, %	2,45 ± 0,003	2,51 ± 0,001	2,66 ± 0,001 ***
СОМО, % / SOMO, %	8,47 ± 0,1	8,45 ± 0,3	8,53 ± 0,3
Кислотность титруемая, °T / Titratable acidity, °T	17,4 ± 0,2	17,2 ± 0,2	16,8 ± 0,1
Плотность, °A / Density, °A	27,6 ± 0,6	28,1 ± 0,3	28,1 ± 0,5
Содержание соматических клеток, тыс./см ³ / Somatic cell count, thousand/cm ³	277,4 ± 8,4	172,7 ± 5,5	93,8 ± 5,8
Белково-жировой модуль (Бел/Жир) / Protein-fat modulus (P/F)	0,76	0,76	0,77
Технологические / Technological			
Сычужная свертываемость (время, тип сгустка) / Rennet coagulation (time, clot type)	18 (сгусток плотный, но не стабильный, крошливый / the clot is dense, but not stable, crumbly)	26 (сгусток плотный / dense clot)	32 (сгусток плотный, стабильный / a dense, stable clot)
Бродильная проба / Fermentation sample	1 класс / 1st class – 23 % 2 класс – 77 %	1 класс / 1st class – 46 % 2 класс / 2nd class – 54 %	1 класс / 1st class – 71 % 2 класс / 2nd class – 29 %
Сычужно-бродильная проба / Rennet-fermentation test	1 класс / 1st class – 21 % 2 класс / 2nd class – 65 % 3 класс / 3rd grade – 14 %	1 класс / 1st class – 27 % 2 класс / 2nd class – 69 % 3 класс / 3rd grade – 4 %	1 класс / 1st class – 42 % 2 класс / 2nd class – 57 % 3 класс / 3rd grade – 1 %
Термоустойчивость / Thermal stability	1 группа / Group 1 – 68 % 2 группа / Group 2 – 30 % 3 группа / Group 3 – 2 %	1 группа / Group 1 – 73 % 2 группа / Group 2 – 27 %	1 группа / Group 1 – 100 %
Наличие ингибирующих веществ (антибиотики) / The presence of inhibitory substances (antibiotics)	Отсутствуют / Missing		

Примечание: ** - $P \geq 0,99$; *** - $P \geq 0,999$

Источник: составлено авторами на основании экспериментальных данных.
Source: compiled by the authors on the basis of experimental data.

По данным таблицы 2 видно, что молоко III группы, полученное от коров, отцы которых имеют генотип по β -казеину A2A2, обладают хорошими показателями сыропригодности. По таким показателям как массовая доля жира, белка и казеина они достоверно превосходят своих аналогов I группы, где у отцов-быков генотип по β -казеину A1A1: на 0,06 п.п. ($P \geq 0,95$), на 0,06 п.п. ($P \geq 0,95$) и на 0,09 п.п. ($P \geq 0,999$) соответственно.

В исследованиях E.D. Marino, D.C.M. Fonseca, A.N. Vasconcellos, L.M.F.S. Oliveira, A.F.M. Santos, J.C.C. Balieiro and A. M. C. Vidal (2024) отмечается: «...Различия между аллелями A1 и A2 лежат в одной аминокислотной замене в белке бета-казеина. Установлено, что при переваривании молока от коров с генотипом A1A1 в желудочно-кишечном тракте высвобождается биоактивный пептид – β -казоморфин-7 (BCM-7), который связывают с воспалительными и иммунными реакциями. Гипотетически, хроническое системное воспаление у коров с генотипом A1A1, вызванное воздействием BCM-7, может ослаблять иммунный ответ и увеличивать восприимчивость вымени к инфекциям, что закономерно повышает уровень соматических клеток в молоке...» [8]. В наших исследованиях молоко коров III группы отличается пониженным уровнем соматических клеток – 93,8 тыс./см³, что достоверно ($P \geq 0,999$) ниже по сравнению с животными первой и второй группы на 183,6 и 78,9 тыс./см³ соответственно.

При производстве сыра важно не только содержание жира и белка в молоке, но и их соотношение, в наших исследованиях белково-жировой модуль находился в пределах 0,76 – 0,77, что свидетельствует о низком качестве молока, т.к. для производства твердых сыров данный показатель должен быть на уровне 0,85 – 0,90, а для мягких сыров 0,75 – 0,85.

Оценка продолжительности свертывания молока сычужным ферментом показала, что быстрее всего свернулось молоко, полученное от коров I группы – за 18 мин, но сгусток получился нестабильный и крошливый, во II и III группах продолжительность свертывания составила 26 и 32 мин, соответственно, но сгусток плотный, стабильный.

У сыропригодного молока класс по бродильной и сычужно-бродильной пробе должен быть 1 или 2. В наших исследованиях доля молока 1 класса по бродильной пробе в I группе составила 23 %, в а III группе 71 %, по сычужно-бродильной пробе – 21 и 42 % соответственно.

Все пробы молока, используемые для оценки, не содержали антибиотиков.

На следующем этапе нами была проведена оценка технологического процесса производства полутвердого сыра из молока разных групп.

Качество сгустка перед разрезанием у всех образцов хорошее: поверхность гладкая, ровная, блестящая. При разрезании ножом сгусток равно расщепился вдоль линии надреза, образуя гладкие, блестящие стенки разлома. Сам разлом имеет глянцевый, стекловидный вид. При разрезе сгустка сразу же выделилась светло-зеленая сыворотка у образцов II и III, а у образца I сыворотка выделялась медленно. Это признак слабого, дряблого или пересыщенного влагой сгустка. Возможные причины: недозревший сгусток (несмотря на быстрое время) или низкая сила геля. Это ведет к потерям жира и белка, ухудшению качества зерна.

Анализ качества зерна при обработке показал, что наиболее оптимальное качество у сыра, произведенного из молока III группы, т.к. зерно сохраняет форму (5-8 мм), обладает нужной упругостью («пружинистое сопротивление») и правильной слипаемостью («ком держит форму и легко рассыпается»). Это гарантия будущей пластичной, не крошливой консистенции. Зерно, полученное из молока I и II группы - неудовлетворительное. Зерно плохо сохраняет форму, распадается при вымешивании. Готовое зерно слишком мелкое (до 5 мм). Следствие: сыр будет сухим, крошливым, с меловой консистенцией, возможно, «слепым» из-за плотной структуры без глазков.

Кислотность сыворотки на всех этапах находится в пределах оптимальных значений: перед началом II нагрева: ~14-15 °T; в конце II нагрева (43°C): ~16-17 °T; в конце вымешивания (готовая зерновая масса): 18-20 °T.

Активная кислотность (pH) сырной массы к концу вымешивания достигла 5,3-5,4. Это оптимальный уровень для последующего формования и прессования, чтобы сыр не получился кислым и чтобы обеспечить правильный рисунок.

Таким образом, молоко, полученное от коров, отцы которых имеют генотип по β -казеину A2A2, наиболее подходящее для технологии полутвердого сыра «Российский»: контролируемое кислотообразование и, что самое важное, формирование прочного, эластичного зерна, способного после прессования дать пластичную сырную массу.

Молоко, полученное от коров, отцы которых имеют генотип по β -казеину A1A2 и A1A1, показало непригодность для данной конкретной технологии из-за неудовлетворительного поведения зерна (распад). Высокая скорость свертывания и плохое отделение сыворотки - тревожные признаки. Возможно, оно подойдет для других типов сыров (мягких, творожных) или нуждается в значительной корректировке параметров (температура, доза).

Сыр, произведенный из молока II и III группы, демонстрирует выраженный сырный вкус с легкой кислинкой, что соответствует норме для «Российского». Сыр, произведенный из молока I группы, имеет слабовыраженный аромат, что является отклонением от нормы. Это прямое следствие быстрого первичного кислотообразования, что подавляет развитие ароматообразующих бактерий на этапе созревания. Сыр, произведенный из молока I и II группы, имеет однородную и плотную консистенцию. У всех образцов корка прочная, ровная.

На рисунке 1 представлен вид сыра на разрезе.



А

В

С

Рис. 1. Вид на разрезе сыра, произведенного из молока разных групп:

А - генотип по β -казеину A1A1; В - генотип по β -казеину A1A2; С - генотип по β -казеину A2A2

Fig. 1. Cross-section view of cheese made from milk of different groups:

А - genotype for β -casein A1A1; В - genotype for β -casein A1A2;

С - genotype for β -casein A2A2.

Источник: из личного архива Березкиной Г.Ю.

Source: from the personal archive of G.Yu. Berezkina.

Наибольшее количество баллов получил сыр, произведенный из молока III группы – 95 баллов. Дегустаторы отметили, что сыр имеет выраженный сырный привкус, пластичную консистенцию.

Выводы

Генотип быков-производителей по бета-казеину оказал влияния на уровень молочной продуктивности. Коровы, полученные от быков с генотипом A2A2 (III группа), характеризуются высокой молочной продуктивностью – 9553 кг за 305 дней лактации, что выше по сравнению с аналогами II группы (отцы с генотипом A1A2) на 1348 кг, или 16,4 % ($P \geq 0,999$) и I группы (отцы с генотипом A1A1) на 346 кг, или 3,8 %.

При оценке технологических свойств выявлено, что молоко, полученное от коров III группы, при ферментативном свертывании (сычужным ферментом) образует более плотный и эластичный

сгусток, выход сыра на уровне 12 %. В I и во II группах, где у отцов встречается аллель бета-казеина A1, ухудшается синерезис - отделение сыворотки. Как следствие, в этих группах сычужный сгусток рыхлый, крошащийся и выход сыра составляет 5 – 8 %. Кроме того, сыр из молока I группы имеет менее выраженный сырный вкус и запах.

Таким образом, высокими показателями сыропригодности обладает молоко, полученное от коров III группы.

Список источников

1. Зимняков В. М., Кухарев О. Н., Липявский А. П. Состояние, проблемы и перспективы производства молока в России // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2025. № 6. С. 209-216. – EDN XLSEPP.
2. Иванов Ю. А. Стратегические направления развития молочного скотоводства // Техника и технологии в животноводстве. 2022. № 2(46). С. 18-23. – DOI 10.51794/27132064-2022-2-18. – EDN BYHERR.
3. Мартынова Е. Н., Кислякова Е. М., Исупова Ю. В. Влияние генов молочных белков на показатели продуктивности коров голштинской породы // Аграрный научный журнал. 2026. № 1. С. 65-72. – DOI 10.28983/asj.y2026i1pp65-72. – EDN TRAAQU.
4. Шаталина О. С., Ярышкин А. А. Полиморфизм гена в-казеина и его влияние на молочную продуктивность крупного рогатого скота Уральского региона // Российская сельскохозяйственная наука. 2024. № 6. С. 52-55. – DOI 10.31857/S2500262724060095. – EDN RUTAHX.
5. Влияние состава молока, полученного от коров различных генотипов, на качество сыра / А. В. Ильина, М. В. Абрамова, С. В. Зырянова [и др.] // Молочное и мясное скотоводство. 2025. № 5. С. 52-55. – DOI 10.33943/MMS.2025.45.67.010. – EDN LIBQZU.
6. Галиева З. А., Зубкова Е. В., Валеева Н. В. Технологические свойства молока коров разных генотипов // Состояние и перспективы увеличения производства высококачественной продукции сельского хозяйства : Материалы XI Международной научно-практической конференции, Уфа, 02–05 июня 2021 года. – Новосибирск: Издательский центр Новосибирского государственного аграрного университета «Золотой колос». 2021. С. 14-17. – EDN ZHLQUU.
7. Новгородская Н. В. Факторы определяющие сыропригодность молока // Актуальные вопросы переработки мясного и молочного сырья. 2018. № 12. С. 143-148. – EDN HAWMKA.
8. Effect of A1 and A2 alleles of CSN2 gene on yield, composition traits, and somatic cell count of milk from cows of contrasting genotypes in Brazil / E. D. Marino, D.C.M. Fonseca, A. N. Vasconcellos [et al.] // Genetics and Molecular Research. 2024. Vol. 23, No 4. p. 1-12. - DOI 10.4238/gmr2348.

References

1. Zimnyakov VM, Kukharev ON, Lipyavsky AP. State, problems, and prospects of milk production in Russia. *Bulletin of the Kursk State Agrarian University*. 2025;(6):209–16. (In Russ.). EDN: XLSEPP.
2. Ivanov YuA. Strategic directions of dairy cattle breeding development. *Machinery and Technologies in Livestock*. 2022;2(46):18-23. (In Russ.). Available from: <https://doi.org/10.51794/27132064-2022-2-18>. EDN: BYHERR.
3. Martynova EN, Kislyakova EM, Isupova JuV. The effect of milk protein genes on the productivity of holstein cows. *The Agrarian Scientific Journal*. 2026;(1):65–72. (In Russ.). Available from: <https://doi.org/10.28983/asj.y2026i1pp65-72>. EDN: TRAAQU.
4. Shatalina OS, Yaryshkin AA. Polymorphism of the β -casein gene and its effect on the dairy productivity of cattle the Ural region. *Russian Agricultural Science*. 2024;(6):52–5. (In Russ.). Available from: <https://doi.org/10.31857/S2500262724060095>. EDN: RUTAHX.
5. Ilin AV, Abramova MV, Zyryanova SV, et al. The impact of milk composition obtained from cows of different genotypes on the quality of cheese. *Journal of Dairy and beef cattle breeding*. 2025;(5):52–5. (In Russ.). Available from: <https://doi.org/10.33943/MMS.2025.45.67.010>. EDN: LIBQZU.
6. Galieva ZA, Zubkova EV, Valeeva NV. Technological properties of cow milk of different genotypes. In: *[Status and prospects for increasing production of high-quality agricultural products : Proceedings*

of the 11th International Scientific and Practical Conference; 2021 Jun 2–5; Ufa. Novosibirsk: Publishing Center of the Novosibirsk State Agrarian University «Golden Ear»; 2021. p. 14–7]. (In Russ.). EDN: ZHLQUU.

7. Novgorodska N. Factors determining milk applicability to cheese making. *Topical Issues of Processing of Meat and Milk Raw Materials*. 2018;(12):143–8. (In Russ.). EDN: HAWMKA.

8. Marino ED, Fonseca DCM, Vasconcellos AN, et al. Effect of A1 and A2 alleles of CSN2 gene on yield, composition traits, and somatic cell count of milk from cows of contrasting genotypes in Brazil. *Genetics and Molecular Research*. 2024;23(4):1-12. Available from: <https://doi.org/10.4238/gmr2348> English.

Информация об авторах

Г. Ю. Березкина – доктор с.-х. наук, доцент;

А. А. Фомина – ассистент;

Т. Г. Гарданова – аспирант.

Вклад авторов

Г. Ю. Березкина – научное руководство, научное редактирование текста;

А. А. Фомина – участие в проведении исследований, написание первоначального текста;

Т. Г. Гарданова – участие в закладке опытов, обработка результатов исследований.

Конфликт интересов

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

Статья поступила в редакцию 25.07.2026; одобрена после рецензирования 28.08.2026; принята к публикации 07.09.2026.

Information about the authors

G. Yu. Berezkina – DSc (Agriculture), Associate Professor;

A. A. Fomina – Assistant;

T. G. Gardanova – Postgraduate Student.

Contribution of the authors

G. Yu. Berezkina – scientific supervision, scientific editing of the text;

A. A. Fomina – participation in conducting research, writing the initial text;

T. G. Gardanova – participation in setting up experiments, processing research results.

All authors have contributed equally to this article. The authors declare that there is no conflict of interest.

The article was submitted to the editorial office on 25.07.2026; approved after review 28.08.2026; accepted for publication 07.09.2026.



Научная статья

УДК 636.52

https://doi.org/10.54258/20701047_2026_63_3_35

Влияние ферментного препарата и витамина Е на химический состав некоторых внутренних органов бройлеров при снижении риска Т-2 токсикоза

Залина Зурабовна Туаева^{1✉}, Рустем Борисович Темираев²,
Залина Алимбековна Кубатиева³, Мария Сергеевна Газзаева⁴,
Анжелика Ахсарбековна Баева⁵

^{1,2,3,4}Горский государственный аграрный университет, Владикавказ, Россия

⁵Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет), Владикавказ, Россия

¹zalina4ka_85@mail.ru✉, <https://orcid.org/0000-0001-5752-273X>

²temiraev@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1011-141X>

³zalinafabulous@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-3651-484X>

⁴gazzaevamarie@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4981-2558>

⁵angelika_baeva69@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7628-0884>

Аннотация. В последние годы для снижения риска микотоксикозов все шире применяются биологически активные добавки, обладающие синергизмом детоксикационного действия, среди которых особое место занимают мультиэнзимные комплексы (МЭК) и антиоксиданты. Совместное применение этих препаратов позволяет не только снизить негативное воздействие микотоксина, но и оптимизировать обменные процессы, что находит прямое отражение в химическом составе внутренних органов, в первую очередь печени, а также сердца и селезенки. Цель настоящего исследования – изучить у цыплят-бройлеров воздействие МЭК Агроксил и препарата витамина Е50 (антиоксиданта) на функции внутренних органов в составе полнорационных комбикормов с толерантным уровнем Т-2 токсина. Совместное включение в рацион бройлеров ферментного препарата Агроксил (в дозе 50 г/т корма) и витамина Е 50 (в дозе 100 г/т корма) на фоне толерантного уровня Т-2 токсина оказывает многостороннее положительное влияние на химический состав печени бройлеров 3 опытной группы, что относительно контроля проявилось в повышении массовой доли: сухого вещества на 1,13 % ($P < 0,05$); содержания белка на 1,09 % ($P < 0,05$); концентрации витамина Е – на 49,14 % ($P < 0,05$), при снижении одновременно концентрации жира на 23,51 % ($P < 0,05$). Относительно контрольных аналогов у бройлеров 3 опытной группы наблюдалось повышение массовой доли: сухого вещества на 1,06 % ($P < 0,05$); содержания белка на 1,06 % ($P < 0,05$); концентрации витамина Е – на 51,60 % ($P < 0,05$) при снижении одновременно концентрации жира – на 26,52 % ($P < 0,05$). У бройлеров 3 опытной группы произошло ухудшение условий для регенерации тканей селезенки и оптимизации ее химического состава, что против птицы в контрольной группе проявилось в повышении массовой доли: сухого вещества на 1,07 % ($P < 0,05$); содержания белка на 1,06 % ($P < 0,05$); концентрации витамина Е – на 47,04 % ($P < 0,05$), при снижении одновременно концентрации жира на 18,31 % ($P < 0,05$).

Ключевые слова: бройлеры, витамин Е, ферментный препарат, химический состав, печень, сердце, селезенка

Для цитирования: Туаева З.З., Темираев Р.Б., Кубатиева З.А., Газзаева М.С., Баева А.А. Влияние ферментного препарата и витамина Е на химический состав некоторых внутренних органов бройлеров при снижении риска Т-2 токсикоза. 2026. Т. 63, № 3. С. 35-41. https://doi.org/10.54258/20701047_2026_63_3_35

Scientific paper

The effect of an enzyme preparation and vitamin E on the chemical composition of some internal organs of broilers while reducing the risk of T-2 toxicosis

Zalina Z. Tuaeva[✉], Rustem B. Temiraev², Zalina A. Kubatieva³,
Maria S. Gazzaeva⁴, Anzhelika A. Baeva⁵

^{1,2,3,4}Gorsky State Agrarian University, Vladikavkaz, Russia

⁵North Caucasian Institute of Mining and Metallurgy (State Technological University),
Vladikavkaz, Russia

¹zalina4ka_85@mail.ru[✉], <https://orcid.org/0000-0001-5752-273X>

²temiraev@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1011-141X>

³zalinafabulous@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-3651-484X>

⁴gazzaevamarie@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4981-2558>

⁵angelika_baeva69@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7628-0884>

Abstract. In recent years, biologically active supplements with synergistic detoxifying effects have been increasingly used to reduce the risk of mycotoxicosis. Among these, multienzyme complexes (MECs) and antioxidants occupy a special place. The combined use of these supplements not only reduces the negative impact of mycotoxins but also optimizes metabolic processes, which is directly reflected in the chemical composition of internal organs, primarily the liver, but also the heart and spleen. The aim of this study was to evaluate the effects of Agrosil MEC and vitamin E50 (an antioxidant) on internal organ function in broiler chickens fed complete feeds with a tolerant level of T-2 toxin. The combined inclusion of the enzyme preparation Agroxil (at a dose of 50 g / t of feed) and vitamin E 50 (at a dose of 100 g / t of feed) in the broiler diet against the background of the tolerant level of T-2 toxin has a multifaceted positive effect on the chemical composition of the liver of broilers in the 3rd experimental group, which, relative to the control, was manifested in an increase in the mass fraction of dry matter by 1,13 % ($P < 0,05$); protein content by 1,09 % ($P < 0,05$); vitamin E concentration - by 49,14 % ($P < 0,05$) with a simultaneous decrease in the fat concentration - by 23,51 % ($P < 0,05$). Relative to the control analogues, the broilers of the 3rd experimental group showed an increase in the mass fraction of dry matter by 1,06 % ($P < 0,05$); protein content by 1,06 % ($P < 0,05$); Vitamin E concentration increased by 51,60 % ($P < 0,05$) while simultaneously decreasing fat concentration by 26,52 % ($P < 0,05$). In broilers from the 3rd experimental group, conditions for spleen tissue regeneration and optimization of its chemical composition were suppressed. This, compared to the control group birds, was manifested in an increase in the mass fraction of dry matter by 1,07 % ($P < 0,05$); protein content by 1,06 % ($P < 0,05$); vitamin E concentration by 47,04 % ($P < 0,05$) while simultaneously decreasing fat concentration by 18,31 % ($P < 0,05$).

Keywords: broilers, vitamin E, enzyme preparation, chemical composition, liver, heart, spleen

For citation: Tuaeva ZZ, Temiraev RB, Kubatieva ZA, Gazzaeva MS, Baeva AA. The effect of an enzyme preparation and vitamin E on the chemical composition of some internal organs of broilers while reducing the risk of T-2 toxicosis. *Proceedings of Gorsky State Agrarian University*. 2026;63(Pt3):35-41. (In Russ.). Available from: https://doi.org/10.54258/20701047_2026_63_3_35

Введение. Плесневой яд – Т-2 токсин, относящийся к группе трихотеценовых микотоксинов, продуцируемых грибами рода *Fusarium*, представляет серьезную угрозу для здоровья и продуктивности сельскохозяйственной птицы. Его токсическое действие в организме бройлеров проявляется в ингибировании синтеза белка и нуклеиновых кислот, развитии некротических процессов в иммунных органах, печени и желудочно-кишечном тракте, а также в подавлении антиоксидантной защиты и нарушении кроветворной функции. В последние годы для снижения риска микотоксикозов все шире применяются биологически активные добавки, обладающие синергизмом детоксикационного дей-

ствия, среди которых особое место занимают мультиэнзимные комплексы (МЭК) и антиоксиданты [1-3].

Перспективным подходом является совместное использование ферментных препаратов и антиоксидантов в составе комбикормов с толерантным уровнем Т-2 токсина. Так, мультиэнзимный комплекс (МЭК) Агроксил, содержащий ксиланазу, участвует в деструкции некрахмалистых полисахаридов, улучшая переваримость и усвоение питательных веществ, тогда как витамин Е выступает ключевым звеном антиоксидантной защиты организма. Совместное применение этого препарата с антиоксидантами соответственно позволяет не только снизить негативное воздействие микотоксина, но и оптимизировать обменные процессы, что находит прямое отражение в химическом составе внутренних органов, в первую очередь печени, а также сердца и селезенки [4-7].

Цель настоящего исследования – изучить у цыплят-бройлеров воздействие МЭК Агроксил и препарата витамина Е50 (антиоксиданта) на функции внутренних органов (химический состав печени, сердца и селезенки) в составе полнорационных комбикормов (ПК) с толерантным уровнем Т-2 токсина.

Материал и методы исследований. Базой для проведения экспериментальных исследований послужило птицеводческое хозяйство КФХ «Дур-Дур» (Республика Северная Осетия–Алания). Объектом изучения являлся молодняк мясного кросса «Росс-708».

Для обеспечения репрезентативности данных отобранное поголовье было разделено на четыре подопытные группы (по 100 голов в каждой), сформированные по методу аналогов. Дифференциация условий содержания заключалась в схеме кормления, отраженной в таблице 1, где представлены варианты обогащения базового ПК.

Таблица 1. Принципиальная схема кормления птицы в ходе эксперимента
Table 1. Schematic diagram of bird feeding during the experiment

Группа птицы / A group of birds	Количество голов в группе / Number of goals in the group	Характеристика кормового фона / Characteristics of the feed background
Контрольная / Control	100	Полнорационный комбикорм (ПК) / Complete poultry feed (PC)
1 опытная / 1st experience	100	ПК + витамин Е 50 в количестве 50 г/т корма / PC + vitamin E 50 in the amount of 50 g/t feed
2 опытная / 2nd experience	100	ПК + ферментный препарат Агроксил в количестве 50 г/т корма / PC + enzyme preparation Agroxil in the amount of 50 g/t of feed
3 опытная / 3rd experience	100	ПК + витамин Е 50 в количестве 50 г/т корма + ферментный препарат Агроксил в количестве 50 г/т корма / PC + vitamin E 50 in the amount of 50 g/t of feed + enzyme preparation Agroxil in the amount of 50 g/t of feed

Источник: составлено по результатам собственных исследований.

Source: compiled based on the results of our own research.

В течение всего производственного цикла (42 суток) птица всех групп получала гранулированные кормосмеси, составленные на зерновой основе (ячмень, кукуруза) с включением подсолнечного шрота. Содержание микотоксина Т-2 в кормах строго контролировалось и не превышало регламентируемый ГОСТ Р 51899-2002 («Комбикорма гранулированные Общие технические условия») порог в 0,1 мг/кг.

По завершении откорма, в возрасте 42 дней, был организован контрольный убой поголовья (по 5 голов из каждой группы). В соответствии со стандартными методиками, принятыми в зоотехнической практике, был изучен химический состав образцов печени, сердца и селезенки у бройлеров в сравниваемых группах.

Путем расчета критерия достоверности по Стьюденту была проведена статистическая обработка экспериментальных цифровых данных при применении стандартного программного обеспечения (ПО).

Результаты исследований и их обсуждение. Печень является основным органом-мишенью при Т-2 токсикозе, поскольку именно в ней происходят процессы детоксикации ксенобиотиков. Т-2 токсин вызывает снижение концентрации α -токоферола в печени, увеличение уровня малонового диальдегида (МДА) – маркера перекисного окисления липидов, а также нарушает ферментативную активность. Введение в рацион бройлеров Агроксила и витамина Е 50 позволяет эффективно противодействовать этим негативным изменениям, как видно из данных таблицы 2.

Таблица 2. Сравнительный химический состав печени бройлеров, % (n = 5)
Table 2. Comparative chemical composition of broiler muscles, % (n = 5)

Исследуемый показатель / The indicator under study	Группа птицы / A group of birds			
	контрольная/ control	1 опытная/ 1st experience	2 опытная/ 2nd experience	3rd опытная/ 3 experience
Сухое вещество / Dry matter	25,34 ± 0,14	26,21 ± 0,20	26,27 ± 0,17	26,47 ± 0,20
Белок / Protein	21,58 ± 0,15	22,41 ± 0,17	22,46 ± 0,20	22,67 ± 0,18
Жир / Fat	3,02 ± 0,03	2,46 ± 0,04	2,43 ± 0,02	2,31 ± 0,04
Витамин Е, мкг/г / Vitamin E, mkg/g	17,54 ± 0,002	24,11 ± 0,003	24,17 ± 0,003	26,16 ± 0,004

Источник: составлено по результатам собственных исследований.

Source: compiled based on the results of our own research.

Согласно результатам исследований, наиболее благоприятное действие на функциональную деятельность печени мясной птицы оказали совместные добавки витамина Е 50 и МЭК Агроксил. Так, в образцах печени бройлеров 3 опытной группы, получавших указанную комбинацию кормовых добавок, относительно контроля было отмечено повышение массовой доли: сухого вещества на 1,13 % ($P < 0,05$); содержания белка на 1,09 % ($P < 0,05$); концентрации витамина Е – на 49,14 % ($P < 0,05$), при снижении одновременно концентрации жира на 23,51 % ($P < 0,05$).

Увеличение содержания массовой доли белка и витамина Е свидетельствует об улучшении белкового обмена в печени и активизации процессов гликогеногенеза, что особенно важно при токсическом поражении органа. При этом рост массовой доли белка также отражает восстановление синтетической функции печени, угнетаемой Т-2 токсином.

Хотя основные исследования сфокусированы на печени как первичном органе детоксикации, Т-2 токсин оказывает системное воздействие на весь организм, затрагивая, в том числе, сердечную мышцу (табл. 3) и селезенку (табл. 3) – важнейший орган иммунной системы.

Окислительный стресс, индуцируемый микотоксином, приводит к повреждению клеточных мембран, нарушению липидного обмена и снижению функциональной активности этих органов. Поэтому введение препаратов Агроксил и витамин Е 50 способствовало снижению уровня перекисного окисления липидов в тканях, что прямо влияет на химический состав сердца и селезенки.

Витамин Е, являясь жирорастворимым антиоксидантом, интегрируется в клеточные мембраны и защищает полиненасыщенные жирные кислоты от окислительной деструкции. Это особенно актуально при синергизме действия с ферментным препаратом для сердечной мышцы, характеризующейся высокой интенсивностью окислительных процессов и чувствительностью к токсическим повреждениям. Так, относительно контрольных аналогов у бройлеров 3 опытной группы наблюдалось повышение массовой доли: сухого вещества на 1,06 % ($P < 0,05$); содержания белка на 1,06 % ($P < 0,05$); концентрации витамина Е – на 51,60 % ($P < 0,05$), при снижении одновременно концентрации жира на 26,52 % ($P < 0,05$).

Таблица 3. Сравнительный химический состав сердца бройлеров, % (n = 5)
Table 3. Comparative chemical composition of broiler muscles, % (n = 5)

Исследуемый показатель / The indicator under study	Группа птицы / A group of birds			
	контрольная / control	1 опытная / 1 st experience	2 опытная / 2 nd experience	3 опытная / 3 rd experience
Сухое вещество / Dry matter	27,18 ± 0,14	27,87 ± 0,21	27,92 ± 0,15	28,24 ± 0,22
Белок / Protein	20,14 ± 0,12	20,93 ± 0,15	20,97 ± 0,17	21,20 ± 0,14
Жир / Fat	4,11 ± 0,04	3,44 ± 0,03	3,38 ± 0,04	3,02 ± 0,02
Витамин Е, мкг/г / Vitamin E, mkg/g	9,34 ± 0,001	13,44 ± 0,002	13,49 ± 0,004	14,16 ± 0,003

Источник: составлено по результатам собственных исследований.

Source: compiled based on the results of our own research.

Таблица 4. Сравнительный химический состав селезенки птицы, % (n = 5)
Table 4. Comparative chemical composition of poultry spleen, % (n = 5)

Исследуемый показатель / The indicator under study	Группа птицы/A group of birds			
	контрольная / control	1 опытная/ 1 st experience	2 опытная / 2 nd experience	3 опытная / 3 rd experience
Сухое вещество / Dry matter	22,33 ± 0,15	23,06 ± 0,17	23,10 ± 0,15	23,40 ± 0,18
Белок / Protein	18,44 ± 0,13	19,06 ± 0,13	19,11 ± 0,12	19,50 ± 0,15
Жир / Fat	2,73 ± 0,03	2,41 ± 0,02	2,35 ± 0,03	2,23 ± 0,03
Витамин Е, мкг/г / Vitamin E, mkg/g	9,63 ± 0,002	13,48 ± 0,003	13,53 ± 0,002	14,16 ± 0,003

Источник: составлено по результатам собственных исследований.

Source: compiled based on the results of our own research.

Что касается селезенки, ее роль в иммунном ответе делает этот орган особо уязвимым при микотоксикозах. Т-2 токсин вызывает некротические изменения в иммунных органах, угнетает продукцию антител и снижает бактерицидную активность крови. Ферментный препарат и витамин Е, благодаря своим иммуномодулирующим действиям, усиливают антиоксидантную защиту у бройлеров 3 опытной группы. Создаются условия для регенерации тканей селезенки и оптимизации ее химического состава, что против птицы в контрольной группе проявилось в повышении массовой доли: сухого вещества на 1,07 % (P < 0,05); содержания белка на 1,06 % (P < 0,05); концентрации витамина Е – на 47,04 % (P < 0,05), при снижении одновременно концентрации жира на 18,31 % (P < 0,05).

Закключение

Совместное включение в рацион бройлеров ферментного препарата Агроксил (в дозе 50 г/т корма) и витамина Е 50 (в дозе 100 г/т корма) на фоне толерантного уровня Т-2 токсина оказывает многостороннее положительное влияние на химический состав внутренних органов:

1) в печени бройлеров 3 опытной группы, получавших указанную комбинацию кормовых добавок, относительно контроля было отмечено повышение массовой доли: сухого вещества на 1,13 % (P < 0,05); содержания белка на 1,09 % (P < 0,05); концентрации витамина Е – на 49,14 % (P < 0,05), при снижении одновременно концентрации жира на 23,51 % (P < 0,05);

2) относительно контрольных аналогов у бройлеров 3 опытной группы наблюдалось повышение массовой доли: сухого вещества на 1,06 % (P < 0,05); содержания белка на 1,06 % (P < 0,05); концент-

рации витамина Е – на 51,60 % ($P < 0,05$), при снижении одновременно концентрации жира – на 26,52 % ($P < 0,05$);

3) у бройлеров 3 опытной группы произошло ухудшение условий для регенерации тканей селезенки и оптимизации ее химического состава, что против птицы в контрольной группе проявилось в повышении массовой доли: сухого вещества на 1,07 % ($P < 0,05$); содержания белка на 1,06 % ($P < 0,05$); концентрации витамина Е – на 47,04 % ($P < 0,05$), при снижении одновременно концентрации жира на 18,31 % ($P < 0,05$).

Список источников

1. Товароведная оценка птичьего мяса при нарушении экологии питания / А. А. Баева, Л. А. Витюк, С. К. Абаева, [и др.] // Известия Горского государственного аграрного университета. 2013. Т. 50, № 2. С. 105-110. EDN QCFHWR.
2. Прием повышения продуктивности и биологической ценности мяса бройлеров с учетом экологии питания / В. И. Трухачев, К. Б. Темираев, О. В. Туккаев [и др.] // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства : Материалы Международной научно-практической конференции, Ставрополь, 21–23 ноября 2013 года. – Ставрополь: Издательство «АГРУС», 2013. – С. 143-147. – EDN SGCHIN.
3. Пищевая ценность мяса бройлеров при риске афлатоксикоза / Г. Н. Чохатариди, Л. А. Витюк, Ф. Т. Салбиева [и др.] // Мясная индустрия. 2012. № 4. С. 59-61. EDN OYYKED.
4. Переваримость и усвояемость питательных веществ при включении в рационы мясной птицы биологически активных препаратов для детоксикации Т-2 токсина / А. В. Каиров, Р. Б. Темираев, М. Н. Мамукаев [и др.] // Известия Горского государственного аграрного университета. 2019. Т. 56, № 4. С. 108-113. EDN HTAWAK.
5. Хозяйственно-биологические показатели бройлеров при скармливании пробиотика и антиоксидантов / В. Х. Вороков, А. А. Столбовская, А. А. Баева [и др.] // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2011. № 33. С. 119-123. EDN OOHGPN.
6. Прием улучшения мясной продуктивности цыплят-бройлеров за счет скармливания пробиотика / Р. Б. Темираев, А. А. Баева, Р. В. Осикина [и др.] // Известия Горского государственного аграрного университета. 2016. Т. 53, № 4. С. 145-149. – EDN XDYYNHX.
7. Влияние разных доз антиоксиданта эпофен на переваримость и усвояемость питательных веществ рациона цыплят-бройлеров / М. Н. Мамукаев, А. А. Баева, Р. В. Осикина [и др.] // Известия Горского государственного аграрного университета. 2017. Т. 54, № 4. С. 94-98. EDN ZXGXAH.

References

1. Baeva AA, Vityuk LA, Abaeva SK, et al. Evaluation of chicken-broiler's meat when disturbing the nutritive ecology. *Proceedings of Gorsky State Agrarian University*. 2013;50(2):105-10. (In Russ.). EDN: QCFHWR.
2. [Trukhachev VI, Temiraev KB, Tukkaev OV, et al. Method of increasing the productivity and biological value of broiler meat taking into account nutritional ecology. In: *Current issues in improving the technology of production and processing of agricultural products : Proceedings of the International Scientific and Practical Conference; 2013 Nov 21-23; Stavropol*. Stavropol: AGRUS Publ.; 2013. p. 143-8]. (In Russ.). EDN: SGCHIN.
3. [Chokhataridi GN, Vityuk LA, Salbieva FT, et al. Nutritional value of broiler meat at the risk of aflatoxicosis. *Meat industry*. 2012;(4):59-61]. (In Russ.). EDN: OYYKED.
4. Kairov AV, Temiraev RB, Mamukaev MN, et al. Digestibility and accessibility of nutrients when introducing biologically active preparations for detoxification of T-2 toxin in poultry diets. *Proceedings of Gorsky State Agrarian University*. 2019; 56(4):108-13. (In Russ.). EDN: HTAWAK.
5. [Vorokov VKh, Stolbovskaya AA, Baeva AA, et al. Economic and biological indicators of broilers when fed probiotics and antioxidants]. *Proceedings of the Kuban State Agrarian University*. 2011;(33):119-23. EDN: OOHGPN.

6. Temiraev RB, Baeva AA, Osikina RV, et al. Improvement of broiler chickens' meat productivity due to probiotic feeding. *Proceedings of Gorsky State Agrarian University*. 2016;53(4):145-9. (In Russ.). EDN: XDYYHX.

7. Mamukaev MN, Baeva AA, Osikina RV, et al. Effect of different doses of antioxidant epophen on nutrients digestibility and accessibility in broiler chickens' diets. *Proceedings of Gorsky State Agrarian University*. 2017;54(4):94-8. EDN: ZXGXAH.

Информация об авторах

З. З. Туаева – аспирант;

Р. Б. Темираев – доктор сельскохозяйственных наук, профессор;

З. А. Кубатиева – доктор биологических наук, профессор;

М. С. Газзаева – доктор сельскохозяйственных наук, профессор;

А. А. Баева – доктор сельскохозяйственных наук, профессор.

Вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 26.07.2026; одобрена после рецензирования 10.09.2026; принята к публикации 15.09.2026.

About the Authors

Z. Z. Tuaeva – postgraduate student;

R. B. Temiraev – DSc (Agricultural), Professor;

Z. A. Kubatieva – DSc (Biological), Professor

M. S. Gazzaeva – DSc (Agricultural), Professor;

A. A. Baeva – DSc (Agricultural), Professor.

Author Contributions

All authors made an equivalent contribution to the preparation of this publication. The authors declare no conflicts of interest.

The article was submitted to the editorial office on 26.07.2026; approved after review 10.09.2026; accepted for publication 15.09.2026.



Научная статья

УДК 636.2.034

https://doi.org/10.54258/20701047_2026_63_3_42

Анализ сезонных изменений белкового состава молока коров красной степной породы

Карина Альбертовна Темирдашева^{1✉}, Милана Радиевна Азнаева²

¹Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет им. В.М. Кокова, Нальчик, Россия

²Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х. М. Бербекова, Нальчик, Россия

¹karinaabazova@mail.ru ✉, <https://orcid.org/0000-0002-2365-8628>

²miazn@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0000-9327-4526>

Аннотация. В работе проведены исследования по изучению аминокислотного состава белка молока коров в разрезе сезонов года. Представленные материалы исследований в доступной литературе по данному направлению недостаточно раскрывают влияние сезонных изменений, породы и лактации. Исследования проводили в условиях СХПК «Ленинцы» Майского района Кабардино-Балкарской Республики. Материалом для исследований служило сырое натуральное молоко, полученное от коров красной степной породы ($n = 20$) в двух климатических и кормовых сезонах: летне-пастбищный и стойловый период. Определение аминокислот проводили на высокоэффективном жидкостном хроматографе «HELIKON 1800» («HELIKON», Китай). Установлена достоверная зависимость суммарного аминокислотного пула молока от сезона года. Так, при переходе на стойлово-выгульное содержание (зима) аминокислотный состав молочного белка достоверно увеличивается до 6,32 г/100 мл ($p < 0,05$). Прирост составляет около 2,7 % по сравнению с летним пастбищным периодом (6,15 г/100 мл). Статистически значимое увеличение общей суммы аминокислот зимой обеспечено за счет заменимых фракций (рост с 2,95 до 3,11 г/100 мл; $p < 0,01$). Абсолютная концентрация группы незаменимых аминокислот осталась практически неизменной (3,20 г/100 мл летом против 3,21 г/100 мл зимой), а их доля в общем белковом профиле снизилась с 52,2 % до 50,8 %. Исследованный образец молочного белка характеризуется высокой биологической ценностью и превосходным профилем большинства эссенциальных аминокислот. По трем показателям из пяти (триптофан, лизин, метионин) наблюдается значительный избыток относительно эталона. Зафиксирован высокий уровень лизина (117,9 %) – ключевой аминокислоты для роста костной ткани и синтеза карнитина, а также метионина (123,2 %), необходимого для процессов метилирования и синтеза глутатиона. Профиль существенно обогащен треонином (108,2 %).

Ключевые слова: порода, содержание коров, аминокислотный состав, скор, молоко

Благодарности: Работа выполнена при поддержке Центра декарбонизации АПК и региональной экономики КБГУ им. Х. М. Бербекова.

Для цитирования: Темирдашева К.А., Азнаева М.Р. Анализ сезонных изменений белкового состава молока коров красной степной породы // Известия Горского государственного аграрного университета. 2026. Т. 63, № 3. С. 42-50. https://doi.org/10.54258/20701047_2026_63_3_42

Scientific article

Analysis of seasonal changes in the protein composition of milk from red steppe cows

Karina A. Temirdasheva^{1✉}, Milana R. Aznaeva²

¹Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, Nalchik, Russia

²Kabardino-Balkarian State University named after Kh. M. Berbekov, Nalchik, Russia

¹karinaabazova@mail.ru[✉], <https://orcid.org/0000-0002-2365-8628>

²miazni@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0000-9327-4526>

Abstract. The study examined the amino acid composition of cow milk protein by season. The available literature on this topic does not fully cover the impact of seasonal changes, breed, and lactation. The research was conducted at the Lenintsy Agricultural Cooperative in the May District of the Kabardino-Balkarian Republic. The study used raw, natural milk from red steppe cows ($n = 20$) in two climatic and feeding seasons: summer-pasture and winter-stall periods. Amino acids were determined using a high-performance liquid chromatograph «HELIKON 1800» («HELIKON», China). A significant dependence of the total amino acid pool of milk on the season of the year was established. Thus, when switching to stall-and-pasture management (winter), the amino acid composition of milk protein significantly increased to 6.32 g/100 ml ($p < 0.05$). The increase is about 2.7% compared to the summer pasture period (6.15 g/100 ml). The statistically significant increase in the total amount of amino acids in winter is due to the replaceable fractions (an increase from 2.95 to 3.11 g/100 ml; $p < 0.01$). The absolute concentration of the group of essential amino acids remained almost unchanged (3.20 g/100 ml in summer versus 3.21 g/100 ml in winter), and their share in the total protein profile decreased from 52.2 % to 50.8 %. The studied sample of milk protein is characterized by high biological value and an excellent profile of most essential amino acids. In three out of five indicators (tryptophan, lysine, and methionine), there is a significant excess compared to the reference. A high level of lysine (117.9 %) has been recorded, which is a key amino acid for bone growth and carnitine synthesis, as well as methionine (123.2 %), which is necessary for methylation processes and glutathione synthesis. The profile is significantly enriched with threonine (108.2 %).

Keywords: breed, cow maintenance, amino acid composition, score, milk

Acknowledgements: The work was carried out with the support of the Center for Decarbonization of the Agro-Industrial Complex and Regional Economics at KBSU named after Kh. M. Berbekov.

For citation: Temirdasheva KA, Aznayeva MR. Analysis of seasonal changes in the protein composition of milk from red steppe cows. *Proceedings of Gorsky State Agrarian University*. 2026;63(Pt3):42-50. (In Russ.). Available from: https://doi.org/10.54258/20701047_2026_63_3_42

Введение. Молоко остаётся одним из ключевых продуктов сельскохозяйственного производства и важнейшим сырьём для перерабатывающей промышленности. При этом его качественные характеристики не являются константой – они подвержены значительным колебаниям, обусловленным комплексом зоотехнических, физиологических и природно-климатических факторов. Среди показателей, определяющих пищевую и технологическую ценность молока, особое место занимает белковый состав, который напрямую влияет на выход и свойства готовой продукции (в том числе на сыропригодность, консистенцию кисломолочных изделий и др.), а также на экономическую эффективность производства.

Особую актуальность приобретает изучение динамики белкового состава молока в разрезе сезонов года. Сезонные изменения в рационе животных, температурно-влажностном режиме, продолжительности светового дня и других параметрах среды способны существенно модифицировать метаболические процессы в организме коровы и, как следствие, отражаться на концентрациях и соотношении отдельных белковых фракций (казеинов, сывороточных белков и др.). Несмотря на накопленный массив данных по данному вопросу, вариабельность результатов в разных природно-климатических зонах и хозяйствах, а также совершенствование методов анализа делают необходимым дальнейшее изучение этой проблемы [1; 2].

По результатам исследований Элеманова Р.Ш. (2022) были определены сезонные изменения белкового состава молока: «... в тёплый сезон содержание большинства незаменимых аминокислот было выше, чем в холодный ($P < 0,05$)...» [3].

Изучение аминокислотного состава и биологической ценности белка молока коров широко представлено в отечественной литературе [4-7]. Однако многие исследования недостаточно раскрывают влияние кормовых баз, сезонных изменений, породы и лактации.

Цель исследований заключалась в изучении аминокислотного состава белка молока коров красной степной породы в условиях лагерно-пастбищного (летнего) и стойлово-выгульного (зимнего) содержания.

Материал и методы исследований. Исследования по изучению аминокислотного состава белка молока проводили в условиях СХПК «Ленинцы» Майского района Кабардино-Балкарской Республики. Материалом для исследований служило сырое натуральное молоко, полученное от коров красной степной породы ($n = 20$) в двух климатических и кормовых сезонах: летнее-пастбищный и стойловый период.

Определение аминокислот проводили на высокоэффективном жидкостном хроматографе «HELIKON 1800» («HELIKON», Китай), состоящим из градиентного насоса, дегазатора подвижной фазы, автосамплера, термостата колонок и спектрофотометрического детектора. Для разделения использовали хроматографическую колонку Arcus 120, заполненную сорбентом C18 с зернением 5 мкм (4,6 x 150 мм) оснащенную предколоной. Пробы вводились автосамплером. Объем вводимой пробы составлял 20 мкл. Регистрацию и обработку хроматограмм проводили с использованием программного обеспечения «Clarity». Хроматографический анализ проводили в градиентном режиме при расходе элюента 0,9 мл/мин. В качестве подвижной фазы использовали: «...смесь 6,0 мМ раствор ацетата натрия с pH 5,5 (компонент А), 1 % раствор изопропилового спирта в ацетонитриле (компонент В) и 6,0 мМ раствор ацетата натрия с pH 4,05 (компонент С)...» [8].

Использовали стандартные образцы следующих аминокислот: «...аспаргиновая кислота (Асп), глутаминовая кислота (Глу), серин (Сер), глицин (Гли), гистидин (Гис), аргинин (Арг), треонин (Тре), аланин (Ала), пролин (Про), тирозин (Тир), валин (Вал), лизин (Лиз), изолейцин (Иле), лейцин (Лей), фенилаланин (Фен), метионин (Мет)...» из набора Amino Acid Kit Sisco research laboratories PVT.LDT. производства Индия, а также ацетонитрил о.с.ч. («Компонент реактив», Россия), изопропиловый спирт о.с.ч. (Россия), ацетат натрия о.с.ч. (Россия), фенилизотиоционат (ФИТЦ) производства Acros Organics BV, соляная кислота о.с.ч., триэтиламин о.с.ч.

Для построения градуировочной зависимости использовали исходный раствор аминокислот с концентрацией 1 г/л в 0,1 М соляной кислоте: «...в пластиковые пробирки типа Эппендорф 1,5 мл помещали аликвоты исходного раствора и высушивали досуха в токе воздуха при 65 °С, используя испаритель в токе азота NDK200-2N-24 (Россия); к высушенным аликвотам добавляли по 30 мкл смеси метанол-триэтиламин-вода в соотношении 2:2:1, тщательно перемешивали и высушивали досуха; дериватизацию проводили добавлением 30 мкл смеси метанол-триэтиламин-ФИТЦ в соотношении 7,5:1:1:0,5, затем пробирки тщательно перемешивали и оставляли при комнатной температуре на 20 минут, далее высушивали образцы в токе воздуха при температуре 45 °С...» [9; 10].

Перед введением в хроматограф сухой остаток растворяли в 1 мл дистиллированной воды, тщательно перемешивали и фильтровали через шприцевой фильтр с диаметром пор 0,22 мкм в стеклянные вials.

Пробоподготовка образцов молока включала кислотный гидролиз и модификацию аминокислот раствором ФИТЦ с получением фенилтиогидантионовых производных.

Для проведения кислотного гидролиза в стеклянные пробирки с притертыми пробками помещали 1 мл образца и добавляли 25 мл 6М соляной кислоты. Растворы тщательно перемешивали, закрывали плотно пробками и оставляли для проведения гидролиза в сушильном шкафу при температуре 110 °С на 20 часов. После охлаждения гидролизаты фильтровали, перемешивали и отбирали для проведения дериватизации аликвоты по 100 мкл. Дериватизацию проводили аналогично стандартным образцам. Качественную идентификацию аминокислот проводили по времени удерживания, количественное определение проводили по градуировочным графикам зависимости площади пика от концентрации.

Биометрическую обработку полученных экспериментальных данных проводили с использованием общепринятых методик [11].

Результаты исследований. При хроматографическом разделении гидролизата белков молока было получено 17 аминокислот, из них 7 – незаменимых и 10 – заменимых.

В ходе изучения аминокислотного состава молока были выявлены существенные сезонные колебания как по количественным показателям содержания конкретных аминокислот, так и по амплитуде их изменчивости (см. табл. 1). Так, установлено, что наблюдаемая динамика обусловлена не только сменой рациона (переходом от выпаса на пастбищах к использованию силоса, грубых кормов и концентрированных добавок), но и влиянием климатических факторов, в разные периоды в зависимости от сезона года.

По результатам проведенных исследований установлена достоверная зависимость суммарного аминокислотного пула молока от сезона года (табл. 1). Так, при переходе на стойлово-выгульное содержание (зима) аминокислотный состав молочного белка достоверно увеличивается до 6,32 г/100 мл ($p < 0,05$). Прирост составляет около 2,7 % по сравнению с летним пастбищным периодом (6,15 г/100 мл).

В зимний период зафиксировано статистически достоверное повышение суммарного содержания аминокислот (с 2,95 до 3,11 г/100 мл; $p < 0,01$), обусловленное исключительно увеличением концентрации заменимых фракций. При этом уровень незаменимых аминокислот остался стабильным (3,20 г/100 мл летом и 3,21 г/100 мл зимой), что привело к снижению их удельного веса в общем аминокислотном составе с 52,2 % до 50,8 %. Данная динамика свидетельствует о трансформации азотистого обмена у лактирующих коров, вызванной переходом с пастбищного кормления на рацион из силоса и концентратов.

По результатам проведенных исследований, несмотря на неизменность суммарного содержания незаменимых аминокислот, статистически значимые сдвиги ($p < 0,05$) зафиксированы в их качественном составе. Так, по концентрации триптофана установлено уменьшение с 0,998 до 0,898 г/100 мл, а по изолейцин-лейциновой группе – с 14,53 % до 14,20 %. Напротив, в зимний период наблюдается достоверный рост уровней метионина (+10,9 %, $p < 0,05$) и глутаминовой кислоты (+8,0 %, $p < 0,01$).

По результатам проведенных исследований следует отметить о необходимости отдельного подхода к переработке сезонного молока. Мы считаем, что образцы молока, отобранные в зимний период, являются идеальной базой для выпуска стандартных молочных продуктов и йогуртов.

Летнее молоко характеризуется более качественным аминокислотным составом, однако для сохранения продуктивности стада требуется оптимизация кормовой базы. В частности, для компенсации нехватки глутаминовой кислоты, критически важной для формирования казеина, необходимо сбалансировать рацион коров по уровню транзитного протеина.

Более наглядно аминокислотный состав белка молока за период исследований представлен на рисунке 1 для незаменимых и рисунке 2 для заменимых аминокислот.

Для оценки биологической ценности молока, пересчитав концентрацию аминокислот на грамм общего белка, рассчитали аминокислотный скор (табл. 3) по следующей формуле:

$$AKC (\%) = \frac{\text{мг аминокислоты в 1г белка}}{\text{мг аминокислоты в 1г эталонного белка}} \cdot 100$$

Анализ полученных данных (табл. 2) позволяет сделать следующие выводы о профиле незаменимых аминокислот:

- ключевым ограничивающим фактором, снижающим биологическую ценность исследуемого белка, является недостаточная концентрация аминокислот с разветвленной цепью (ВСАА: валин, лейцин и изолейцин). Их суммарный скор достигает лишь 85,2 %, что не соответствует нормативному уровню в 100 %. В соответствии с законом минимума Либиха, именно дефицит данных нутриентов лимитирует процессы белкового синтеза в организме, делая невозможным полноценное усвоение остальных аминокислот, присутствующих в избыточном количестве;

- в составе молочного протеина зафиксирована значительно высокая концентрация триптофана (превышающая стандартные показатели на 338,8 %). Данная аминокислота является ключевым метаболическим предшественником серотонина и витамина В₃ (ниацина) и такой высокий выброс триптофана может свидетельствовать о защитной реакции организма животного на сезонный тепловой стресс;

– зафиксирован высокий уровень лизина (117,9 %) – ключевой аминокислоты для роста костной ткани и синтеза карнитина, а также метионина (123,2 %), необходимого для процессов метилирования и синтеза глутатиона. Профиль существенно обогащен треонином (108,2 %).

Таблица 1. Содержание аминокислот в молоке коров в летний (пастбищный) и зимний (стойловый) периоды, г/100мл молока
Table 1. Amino acid content in cow milk during the summer (pasture) and winter (stall) periods, g/100 ml of milk

Показатель / Indicator	Лагерно-пастбищное содержание / Pasture-based housing		Стойлово-выгульное содержание / Tie-stall housing with exercise	
Удой, кг / Milk yield,kg	5350,9		5605,3	
Жир, % / Fat, %	3,65		3,99***	
Белок, % / Protein, %	3,28		3,38***	
Незаменимые аминокислоты / Essential amino acids				
	В среднем, г/100мл / Average, g/100 ml	Доля от общей суммы, М±m, % / Share of total sum, M±m, %	В среднем, г/100мл / Average, g/100 ml	Доля от общей суммы, М±m, % / Share of total sum, M±m, %
Изолейцин+лейцин / Isoleucine + leucine	0,8915 ± 0,035	14,53 ± 0,74	0,9360 ± 0,014**	14,81 ± 0,32
Трипт / Trypt	0,9977 ± 0,148	16,27 ± 3,42	0,8980 ± 0,035	14,20 ± 0,79
Вал / Val	0,8673 ± 0,035	14,14 ± 0,89	0,9110 ± 0,014*	14,41 ± 0,32
Лиз / Lys	0,2244 ± 0,007	3,66 ± 0,15	0,2310 ± 0,007	3,65 ± 0,08
Тре / Thre	0,1208 ± 0,005	1,97 ± 0,11	0,1240 ± 0,003	1,96 ± 0,06
Мет / Meth	0,1010 ± 0,028	1,65 ± 0,23	0,1120 ± 0,007*	1,77 ± 0,16
Итого / Total	3,203	52,22	3,212	50,8
Заменимые и условно незаменимые аминокислоты / Non-essential and conditionally essential amino acids				
Глу / Glu	0,9862 ± 0,078	16,08 ± 1,79	1,0651 ± 0,028*	16,85 ± 0,63
Ала / Ala	0,6153 ± 0,014	10,03 ± 0,25	0,6460 ± 0,007*	10,22 ± 0,16*
Про / Pro	0,3344 ± 0,014	5,45 ± 0,33	0,3510 ± 0,007	5,55 ± 0,16
Асп / Asp	0,2858 ± 0,021	4,66 ± 0,48	0,2990 ± 0,007	4,73 ± 0,16
Сер / Ser	0,2746 ± 0,007	4,48 ± 0,21	0,2880 ± 0,007	4,56 ± 0,13
Тир / Tyr	0,1292 ± 0,014	2,11 ± 0,36	0,1320 ± 0,006	2,09 ± 0,14
Гис / His	0,1190 ± 0,01	1,94 ± 0,11	0,1210 ± 0,005	1,91 ± 0,08
Фен / Phe	0,0849 ± 0,07	1,38 ± 0,17	0,0890 ± 0,004	1,41 ± 0,08
Арг / Arg	0,0646 ± 0,006	1,05 ± 0,13	0,0610 ± 0,003	0,96 ± 0,06
Гли / Gly	0,0568 ± 0,004	0,93 ± 0,09	0,0580 ± 0,002	0,92 ± 0,05
Итого / Total	2,9508	47,78	3,110	49,2
Всего / Overall	6,153	100,0	6,323*	100,0

Примечание: *p < 0,05; **p < 0,01; ***p < 0,001

Note: *p < 0,05; **p < 0,01; ***p < 0,001

Источник: составлено авторами на основании экспериментальных данных.

Source: compiled by the authors on the basis of experimental data.

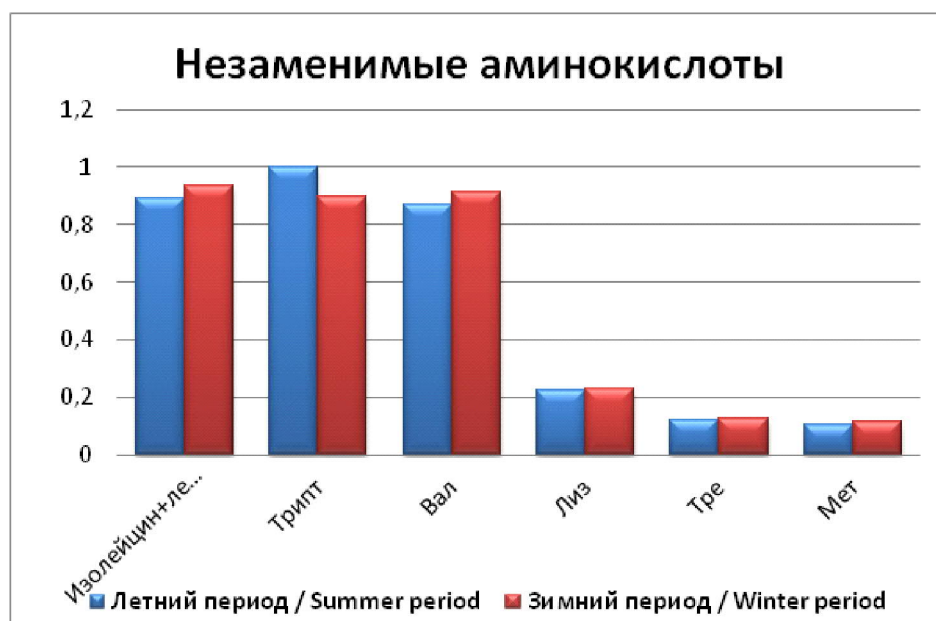


Рис. 1. Сезонная динамика концентрации незаменимых аминокислот, г/100 мл
 Fig. 1. Seasonal dynamics of essential amino acid concentration, g/100 ml

Источник: составлено авторами на основании экспериментальных данных.

Source: compiled by the authors on the basis of experimental data.

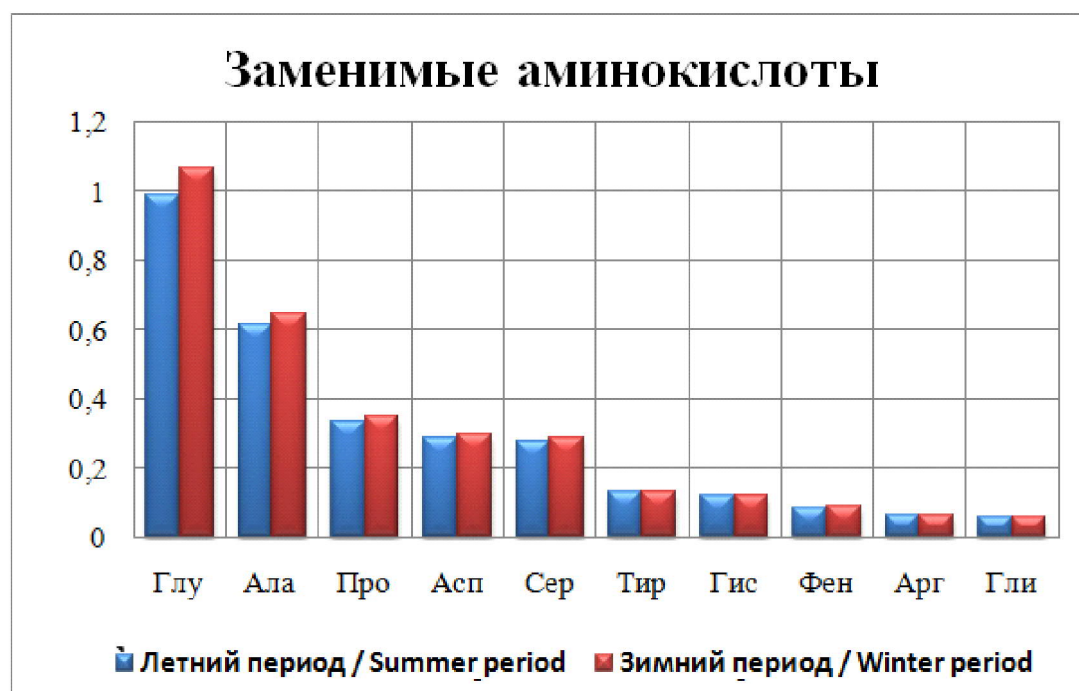


Рис.2. Сезонная динамика концентрации заменимых аминокислот, г/100 мл
 Fig.2. Seasonal dynamics of the concentration of essential amino acids, g/100 ml

Источник: составлено авторами на основании экспериментальных данных.

Source: compiled by the authors on the basis of experimental data.

Анализ молочного белка подтвердил его высокую биологическую ценность и сбалансированный аминокислотный состав. Содержание триптофана, лизина и метионина существенно превышает эталонные значения.

Таблица 2. Биологическая ценность белка молока коров красной степной породы
Table 2. Biological value of milk protein from red steppe cows

Аминокислота / Amino Acid	В 1 г белка молока, мг / In 1 g of milk protein, mg	Эталон ФАО / ВОЗ, мг/г / FAO/WHO reference, mg/g	АК скор, % / AA Score, %
Триптофан* / Tryptophan*	57,6	17,0	338,8
Лизин / Lysine	68,4	58,0	117,9
Валин+изолейцин+лейцин / Valine + isoleucine + Leucine	82,6	97,0	85,2
Треонин / Threonine	36,8	34,0	108,2
Метионин / Methionine	30,8	25,0	123,2

Источник: составлено авторами на основании экспериментальных данных.

Source: compiled by the authors on the basis of experimental data.

Заключение

Изучение сезонной динамики белкового состава молока коров красной степной породы показало, что переход от лагерно-пастбищного к стойлово-выгульному содержанию вызывает значимую перестройку аминокислотного профиля, однако ее нельзя однозначно атрибутировать прямому влиянию теплового стресса. Так, при переходе на стойлово-выгульное содержание (зима) аминокислотный состав молочного белка достоверно увеличивается до 6,32 г/100 мл ($p < 0,05$). Прирост составляет около 2,7 % по сравнению с летним пастбищным периодом (6,15 г/100 мл). Статистически значимое увеличение общей суммы аминокислот зимой обеспечено за счет заменимых фракций (рост с 2,95 до 3,11 г/100 мл; $p < 0,01$).

Следует отметить, что по уровню содержания незаменимых аминокислот наблюдается стабильность в годовом цикле (3,20 г/100 мл в летний период и 3,21 г/100 мл в зимний), однако их удельный вес в структуре общего белка претерпел сокращение с 52,2 % до 50,8 %. Исходя из этого, ключевым инструментом повышения качества молочного сырья в Кабардино-Балкарской Республике становится не противодействие климатическим условиям, а оптимизация летних рационов. В частности, необходимо нивелировать дефицит потребления сухого вещества и корректировать уровень транзитного протеина для обеспечения стабильного поступления аминокислот к молочной железе. Исследования продолжаются.

Список источников

1. Косилов В. И., Юлдашбаев Ю. А., Кадралиева Б. Т. Аминокислотный состав белка молока коров-первотелок // Вестник КрасГАУ. 2022. № 11(188). С. 151–157. DOI 10.36718/1819-4036-2022-11-151-157. - EDN BQEMVD.
2. Темирдашева К. А. Изучение аминокислотного состава молока коров бурой швицкой породы / Построение межотраслевых научных взаимодействий в современных условиях : Сборник статей международной научной конференции, Сургут, 15 февраля 2023 года. – Санкт-Петербург: Частное научно-образовательное учреждение дополнительного профессионального образования Гуманитарный национальный исследовательский институт «НАЦРАЗВИТИЕ», 2023. С. 26–28. – EDN YZQZSO.
3. Элеманова Р. Ш. Характеристика сезонных изменений белкового состава молока хайнака // Техника и технология пищевых производств. 2022. Т. 52, № 3. С. 555–569. DOI 10.21603/2074-9414-2022-3-2381. – EDN WIJQQE.
4. Левина Г. Н., Максимчук М. Г., Артюх В. М. Аминокислотный состав и биологическая ценность белков молока коров чёрно-пёстрой породы и её помесей с монбельярдской // Российская сельскохозяйственная наука. 2020. № 6. С. 50–53. DOI 10.31857/S2500262720060125. – EDN MORUVV.

5. Горелик А. С., Темербаева М. В. Аминокислотный состав молока и сыра в зависимости от происхождения коров // Все о мясе. 2020. № 5S. С. 85–88. DOI 10.21323/2071-2499-2020-5S-85-88. – EDN QXRRQK.
6. Влияние кормовых добавок в рационе коров на аминокислотный состав молока / Х. Х. Тагиров, Э. Х. Латыпова, А. М. Калимуллин [и др.] // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2025. Т. 10, № 2. С. 70–74. DOI 10.55170/1997-3225-2025-10-2-70-74. EDN CULGAF.
7. Латыпова Э. Х., Миронова И. В. Влияние витаминно-минеральных добавок в рационе кормления крупного рогатого скота на качество молока и молочных продуктов // Техника и технологии в животноводстве. 2023. № 4(52). С. 42–47. DOI 10.22314/27132064-2023-4-42. – EDN IVBPOS.
8. Руденко А. О., Карцова Л. А., Снарский С. И. Определение важнейших аминокислот в сложных объектах биологического происхождения методом обращённо-фазовой ВЭЖХ с получением фенилтиогидантоинов аминокислот // Сорбционные и хроматографические процессы. 2010. Т. 10, № 2. С. 223–230. EDN MUEQTX.
9. Okunev R. V., Grigoryan B. R., Sharipova A. I. Determination of Free Proteinogenic Amino Acids in Soil Solutions by HPLC with Phenyl Isothiocyanate Derivatization // Journal of Siberian Federal University. Chemistry. 2014. Vol. 7, No. 4. P. 480–486. EDN RHNQIF.
10. Получение фенилтиогидантоинов аминокислот для количественного анализа аминокислотного состава белков методом капиллярного электрофореза / К. В. Степанов, А. В. Пирогов, М. А. Дикунец [и др.] // Вестник Московского университета. – Серия 2. Химия. 2005. Т. 46, № 6. С. 395–399.
11. Плохинский Н. А. Руководство по биометрии для зоотехников. М.: Колос, 1969. 256 с.

References

1. Kosilov VI, Yuldashbaev YuA, Kadrallieva BT. Amino acid composition of first-calf cows' milk protein. *Bulletin of KSAU*. 2022;(11):151–7. (In Russ.). Available from: <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2022-11-151-157>. EDN: BQEMVD.
2. [Temirdasheva KA. Study of the amino acid composition of milk in Brown Swiss cows. In: *Building intersectoral scientific interactions in modern conditions : Collection of articles from the international scientific conference; 2023 Feb 15; Surgut*. St. Petersburg: National Humanitarian Research Institute «NATSRZAVITIE»; 2023. p. 26–8]. (In Russ.). EDN: YZQZSO.
3. Elemanova RSh. Seasonal changes in the protein composition of Khainak milk. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2022;52(3):555–69. (In Russ.). Available from: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2022-3-2381>. EDN: WIJQQE.
4. Levina GN, Maksimchuk MG, Artyukh VM. Amino acid composition and biological value of proteins milk from black-and-white cows and their crossbreeds from montbeliard. *Russian Agricultural Science*. 2020;(6):50–3. (In Russ.). Available from: <https://doi.org/10.31857/S2500262720060125>. EDN: MORUVV.
5. Gorelik AS, Temerbaeva MV. Amino acid composition of milk and cheese depending on the origin of cows. *All about meat*. 2020;Spec No5:85–8. (In Russ.). Available from: <https://doi.org/10.21323/2071-2499-2020-5S-85-88>. EDN: QXRRQK.
6. Tagirov KhKh, Latypova EKh, Kalimullin AM, et al. The effect of feed additives in the cows diet on the amino acid composition of milk. *Bulletin Samara State Agricultural Academy*. 2025;10(2):70–4. (In Russ.). Available from: <https://doi.org/10.55170/1997-3225-2025-10-2-70-74>. EDN: CULGAF.
7. Latypova EH, Mironova IV. The effect of cattle feeding ration' vitamin-and-mineral additives influence on milk and dairy products' quality. *Machinery and technologies in livestock*. 2023;4(52):42–7. (In Russ.). Available from: <https://doi.org/10.22314/27132064.2023.4.42>. EDN: IVBPOS.
8. Rudenko AO, Kartsova LA, Snarskiy SI. High performance liquid chromatography determination of the major amino acids in complex biological objects using phenylisothiocyanate derivatization. *Sorption and chromatographic processes*. 2010;10(2):223–30. (In Russ.). EDN: MUEQTX.
9. Okunev RV, Grigoryan BR, Sharipova AI. Determination of free proteinogenic amino acids in soil solutions by HPLC with phenyl isothiocyanate derivatization. *Journal of Siberian Federal University Chemistry*. 2014;7(4):480–6. EDN: RHNQIF.

10. Stepanov KV, Pirogov AV, Dikunets MA, et al. A technique of synthesis of amino acid phenylthiohydantoines for the quantitative protein compositional analysis using capillary electrophoresis. [*Bulletin of Moscow University. Series 2 Chemistry*]. 2005;46(6):395-9. (In Russ.).

11. [Plokhinsky NA. *Guide for livestock biometrics for zootechnicians*. Moscow: Kolos Publ.; 1969]. (In Russ.).

Информация об авторах

К. А. Темирдашева – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;

М. Р. Азнаева – начальник отдела мониторинга агроэкосистем Центра декарбонизации АПК и региональной экономики, аспирант.

Вклад авторов

В подготовку данной публикации все авторы внесли эквивалентный вклад. Конфликт интересов авторов отсутствует.

Статья поступила в редакцию 14.07.2026; одобрена после рецензирования 10.09.2026; принята к публикации 15.09.2026.

Information about the authors

K. A. Temirdasheva – PhD (Agriculture), Associate Professor;

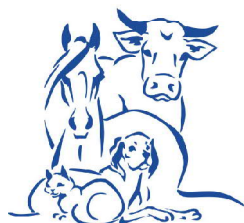
M. R. Aznaeva – Head of the Agroecosystems Monitoring Department at the Center for Agricultural Decarbonization and Regional Economics, PhD student.

Contribution of the authors

All authors have made an equivalent contribution to the preparation of this publication. There is no conflict interest of authors.

The article was submitted to the editorial office on 14.07.2026; approved after review 10.09.2026; accepted for publication 15.09.2026.





ВЕТЕРИНАРНЫЕ НАУКИ

ВЕТЕРИНАРИЯ

Научная статья

УДК 637.07

https://doi.org/10.54258/20701047_2026_63_3_51**Влияние N–нафтил–3–оксипиридина на бруцеллез
и молочную продуктивность коров**

Светлана Сергеевна Лохова^{1✉}, Залина Алимбековна Кубатиева²,
Лида Нартауовна Гутиева³, Валентина Ахбердовна Кусова⁴

^{1,2,3,4}Горский государственный аграрный университет, Владикавказ, Россия

¹svetlohowa@yandex.ru✉, <https://orcid.org/0009-0001-5907-2880>

²kubatueva.zalina@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9409-8699>

³gutieva.lida@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0000-5134-950X>

⁴kusova.valentina@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0001-5965-7635>

Аннотация. Бруцеллёз особо опасная, самая распространенная в мире инфекционная болезнь животных и человека, которая наносит колоссальный экономический ущерб сельскому хозяйству и представляет серьезную угрозу для здоровья людей, и поиск препаратов для профилактики и лечения от бруцеллёза является очень важной задачей. Исследование проводили в хозяйстве «Дружба» Пригородного района РСО–Алания на бруцеллез и молочную продуктивность коров, болеющих бруцеллезом в острой и предострой формах. Обнаружена возможность контролируемого регулирования содержания клеток крови, увеличение лактации и жирности молока экспериментальных животных. Показано, что терапевтический эффект по данным серологических реакций составил 42 - 63,2 %.

Ключевые слова: бруцеллез, N–нафтил–3–оксипиридин, молоко, молочная продуктивность, гемоглобин, эритроциты, серологическая реакция

Для цитирования: Лохова С.С., Кубатиева З.А., Гутиева Л.Н., Кусова В.А. Влияние N–нафтил–3–оксипиридина на бруцеллез и молочную продуктивность коров // Известия Горского государственного аграрного университета. 2026. Т. 63, № 3. С. 51-57. https://doi.org/10.54258/20701047_2026_63_3_51

Scientific article

The influence of N-naphthyl-3-hydroxypyridine on brucellosis and milk productivity in cows

Svetlana S. Lokhova^{1✉}, Zalina A. Kubatieva¹, Lida N. Gutievai, Valentina A. Kusova⁴

^{1,2,3,4}Gorsky State Agrarian University, Vladikavkaz, Russia

¹svetlohowa@yandex.ru[✉], <https://orcid.org/0009-0001-5907-2880>

²kubatieva.zalina@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9409-8699>

³gutieva.lida@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0000-5134-950X>

⁴kusova.valentina@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0001-5965-7635>

Abstract. Brucellosis is a highly dangerous and the most widespread zoonotic infectious disease globally, causing colossal economic damage to agriculture and posing a serious threat to human health. Consequently, the search for effective agents for the prevention and treatment of brucellosis remains a critical objective. The study was conducted at the «Druzhba» farm in the Prigorodny District of the Republic of North Ossetia–Alania. The research focused on cows suffering from acute and subacute forms of brucellosis to assess both their infection status and milk productivity. The results demonstrated the possibility of controlled regulation of blood cell counts, alongside an increase in lactation volume and milk fat content in the experimental animals. According to serological test data, the therapeutic efficacy ranged from 42 % to 63,2 %.

Keywords: *Brucellosis, N-naphthyl-3-hydroxypyridine, milk, dairy productivity, hemoglobin, erythrocytes, serological reaction*

For citation: Lokhova SV, Kubatieva ZA, Gutieva LN, Kusova VA. The influence of N-naphthyl-3-hydroxypyridine on brucellosis and milk productivity in cows. *Proceedings of Gorsky State Agrarian University*. 2026;63(Pt3):51-57. (In Russ.). Available from: https://doi.org/10.54258/20701047_2026_63_3_51

Введение. Инфекционная болезнь бруцеллез, вызываемая бактериями *Brucella*, распространена в сельскохозяйственном животноводстве. В очагах бруцеллезной инфекции крупного рогатого скота имеет место высокий процент заражения людей, спорадические случаи заболевания населения.

Животные, заболевшие бруцеллезом, не вылечиваются. С целью профилактики бруцеллеза проводят широкое вакцинирование сельскохозяйственных животных из штаммов Br. abortus 19, 104 – М и других, которые нельзя считать безопасными. По данным в Российской Федерации за последние 10 лет эпидемическая ситуация по бруцеллёзу остается неблагоприятной, хотя отмечается тенденция к снижению заболеваемости [1].

Из-за угрозы здоровью населения и существенных экономических потерь, к которым приводит бруцеллёз, принимаются меры по предотвращению распространения инфекции с помощью вакцинации животных, так как высокая заболеваемость населения связана с распространением инфекции среди домашнего скота, а также употреблением заражённых молочных продуктов и мяса [2].

В качестве средств для лечения людей и животных, больных бруцеллезом, помимо вакцинотерапии широко применяют антибиотикотерапию, бруцеллезный гамма – глобулин, рентгенотерапию и ряд неспецифических методов – гормональную терапию, средства, повышающие защитные силы организма и т.д.

Несмотря на то, что разработка вакцин против бруцеллёза имеет полувековую историю и на наличие перспективных научных исследований за последние десятилетия, коммерческих препаратов, полностью безопасных для людей и животных, обладающих длительной эффективностью, до настоящего времени не создано [3]. Для животных, болеющих бруцеллезом, проводят обычную выбраковку с рядом профилактических мероприятий в выявленных неблагоприятных хозяйствах. В связи с этим требуются работы по усовершенствованию поствакцинальной диагностики бруцеллёза,

а также эксперименты по разработке новых препаратов и методов профилактики и лечения от бруцеллёза [4].

Известно, что с повышением количества гемоглобина и эритроцитов линейно возрастает вследствие усиления обменных процессов сопротивляемость организма к инфекционным болезням. Следовательно, за счет усиления сопротивляемости животных включением нейросекреторной регуляции эндокринных желез, можно ожидать определенного терапевтического влияния препарата на коров, болеющих бруцеллезом в острой и предострой формах.

Цель. Исследовать влияние N-нафтил-3-оксипиридина на бруцеллез и молочную продуктивность коров.

Материал и методы. Под опытом находились 20 коров хозяйства «Дружба» Пригородного района РСО–Алания, болеющих бруцеллезом. Животные были различного возрастного состава (4–8 лет), породности чернопестрой и красной эстонской и различной степени заболеваемости – острый, предострый и хронический бруцеллез. Животные находились в обычных для хозяйств зоотехнических и ветеринарных условиях содержания и кормления.

Животным, больным бруцеллезом, вводился N-нафтил-3-оксипиридин в дозе по 160 мг на голову по частям, три – четыре раза в течение недели.

Опыты и наблюдения за коровами велись в течение семи месяцев (срок наблюдения). Ежедневно проводились гематологические исследования крови животных. Диагностический эффект препарата оценивался с помощью серологических реакций. Исследуемый препарат вводился животным в виде инъекции на 0,9 % изотоническом растворе в дозе 53 мг на голову три раза в течение четырех дней. Ежедневно определялись надой и жирность молока.

Результаты исследований. Исследование влияния N-нафтил-3-оксипиридина в качестве фактора негормональной активации эндокринных желез, регулирования клеток крови и гормонального статуса организма животных позволило установить, что после трехразового введения препарата больным бруцеллезом коровам терапевтический эффект по данным серологических реакций составил 42–63,2 % и этот эффект сохранялся в течении длительного времени.

У животных после двукратного (D – 1 и D – 2) внутривенного введения N-нафтил-3-оксипиридина содержание гемоглобина в среднем возрастает на 20–40 % относительно контрольных показателей. Наблюдается параллельное увеличение содержания в крови эритроцитов.

Однако при введении животным доз (D – 3) выше оптимального (более чем 160 мг на голову), содержание гемоглобина и эритроцитов уменьшается до исходного уровня и имеет тенденцию к дальнейшему понижению. В то же время наблюдается значительное возрастание лейкоцитов. При последующем введении животным оптимальной дозы (D – 4) препарата (60 мг на 0,9 % изотоническом растворе), наблюдается резкое снижение лейкоцитов до нормального физиологического уровня и значительное возрастание гемоглобина и эритроцитов. Результаты исследований содержания гемоглобина, эритроцитов и лейкоцитов в крови коров, болеющих бруцеллезом, представлены в табл.1.

Из этих результатов можно заключить, что впервые обнаружена принципиальная возможность контролируемого регулирования содержания клеток крови экспериментальных животных, содержание гемоглобина в среднем возрастает на 20–40 % относительно контрольных показателей. Наблюдается параллельное увеличение содержания в крови эритроцитов.

Одним из физиологических механизмов стимулирующего влияния N-нафтил-3-оксипиридина на секреторную функцию молочной железы, очевидно, является активация пролактинвыделительной функции аденогипофиза и повышение выработки прогестерона. Результаты исследований жирномолочной продуктивности представлены в табл. 2.

Обнаружено, что у животных с низкой продуктивностью и содержанием на несбалансированном корме надой молока возрастают на 13,7 %, жирность молока – на 16,0 % относительно контрольных показателей.

Что касается коров высокой молочной продуктивности, то на полностью сбалансированном по всем питательным показателям корме, надой молока в опытной и контрольных группах приблизительно одинаковые, но жирность молока относительно контрольных показателей на 11,4 % выше. Результаты исследований молочной продуктивности коров, болеющих бруцеллезом, представлены в табл. 3.

Таблица 1. Влияние N-нафтил-3-оксипиридина на содержание гемоглобина, эритроцитов и лейкоцитов в крови коров, болеющих бруцеллезом
 Table 1. The effect of N-naphthyl-3-oxypyridine on the content of hemoglobin, erythrocytes and leukocytes in the blood of cows suffering from brucellosis

Разовая доза препарата на голову, мг / Single dose of the drug per head, mg	Число инъекций / Number of injections	Суммарная доза, мг / Total dose, mg	Гемоглобин, г% / Hemoglobin, g%	Эритроциты, млн. / Erythrocytes, million	Лейкоциты, тыс. / Leukocytes, thousand
Контроль / Control			98 ± 0,6	6,9 ± 0,5	10,0 ± 3,1
53	1	53	117,6 ± 0,6	8,1 ± 0,7	17,7 ± 1,7
53	2	106	130,3 ± 0,9	8,8 ± 0,9	9,8 ± 1,1
53	3	159	137,2 ± 10,2	10,2 ± 0,6	8,3 ± 1,3

Источник: составлено по результатам собственных исследований.

Source: compiled based on the results of our own research.

Таблица 2. Влияние N-нафтил-3-оксипиридина на жирномолочную продуктивность коров, содержащихся на несбалансированном корме
 Table 2. The effect of N-naphthyl-3-oxypyridine on milk fat productivity of cows kept on unbalanced feed

Показатели / Indicators	Жирность и надой молока / Fat content and milk yield
Фактический удой у опытной коровы за 30 дней, кг / Actual milk yield of an experimental cow in 30 days, kg	245
В % к контролю / As % to control	100,0
Фактический удой одной контрольной коровы, кг / Actual milk yield of one control cow, kg	250
Контрольная жирность молока, % / Control milk fat content, %	3,4 – 3,5
Жирность молока у опытных групп животных, % / Milk fat content in experimental groups of animals, %	3,9
В % к контролю / As % of control	114

Источник: составлено по результатам собственных исследований.

Source: compiled based on the results of our own research.

Для исследования терапевтического эффекта влияния N-нафтил-3-оксипиридина на коров, болеющих бруцеллезом, препарат вводился в дозе по 150 мг на голову по частям, три-четыре раза в течение недели. После трехразового введения препарата коровам терапевтический эффект по данным серологических реакций составил 45–67 % и этот эффект сохранялся в течение длительного времени. Данные серологических реакций представлены в табл. 4.

Из представленных в таблице данных видно, что после трехразового введения препарата коровам терапевтический эффект по данным серологических реакций составил 42,1 – 63,2 %.

Таблица 3. Влияние N-нафтил-3-оксипиридина на молочную продуктивность коров, болеющих бруцеллезом
 Table 3. The effect of N-naphthyl-3-oxypyridine on milk productivity of cows suffering from brucellosis

Показатели / Indicators	Жирность и надой молока / Fat content and milk yield
Фактический удой от одной опытной коровы за 60 дней, кг / Actual milk yield per experimental cow in 60 days, kg	262,3
В % к контролю / As % to control	204,8
Контрольный удой молока одной коровы за 60 дней, кг / Control milk yield per cow in 60 days, kg	128,1
Контрольная жирность молока, % / Control milk fat content, %	3,2
Жирность молока опытных животных, % / Milk fat content of experimental animals, %	3,71
В % к контролю / As % to control	115,9
Удой молока при переводе на 3,2 % молоко, кг / Milk yield when converted to 3.2% milk, kg	304,1
В % к контролю / As % to control	237,4

Источник: составлено по результатам собственных исследований.

Source: compiled based on the results of our own research.

Таблица 4. Терапевтическая эффективность N-нафтил-3-оксипиридина при бруцеллезе по данным серологических реакций

Table 4. Therapeutic efficacy of N-naphthyl-3-oxypyridine in brucellosis according to serological reactions

Показатели/ Indicators	
Количество коров до опыта, голов / Number of cows before the experiment, animals	19
Показатели серологических реакций экспериментальных животных до опыта / Serological reaction parameters of experimental animals before the experiment	Все положительные / All the positive ones
Количество инъекций/Number of injections	3-4
Данные серологических реакций/ Serological reaction data	
Количество животных с отрицательной реакцией/ Number of animals with a negative reaction	8
В % к контролю / As % to control	42,1
Количество животных с сомнительной реакцией / Number of animals with a questionable reaction	4
В % к контролю / As % to control	21,1
Количество животных с положительной реакцией / Number of animals with a positive reaction	7
Терапевтическая эффективность / Therapeutic efficacy, %	42,1 – 63,2

Источник: составлено по результатам собственных исследований.

Source: compiled based on the results of our own research.

Заключение

Результаты проведенных исследований позволяют заключить, что N-нафтил-3-оксипиридин обладает ярко выраженной биологической активностью и оказывает значительное влияние на кроветворную систему, поддерживая стабильный клеточный состав крови. Повышает секреторную функцию эндокринных желез, что увеличивает лактацию и жирность молока, стимулирует клеточный и гуморальный иммунитет экспериментальных животных в борьбе с инфекционными болезнями. Во время опытов и после не наблюдалось ухудшения состояния здоровья животных.

Следовательно, N-нафтил-3-оксипиридин можно использовать в качестве фактора негормональной активации эндокринных желез, регулирования клеток крови и гормонального статуса организма при лечении бруцеллеза и других инфекционных болезней животных.

Список источников

1. Анализ эпидемической и эпизоотической ситуации по бруцеллезу в мире в 2019 г. и прогноз на 2020 г. в Российской Федерации / Д. Г. Пономаренко, Д. В. Русанова, А. А. Хачатурова [и др.] // Проблемы особо опасных инфекций. 2020. № 2. С. 48-56. – DOI 10.21055/0370-1069-2020-2-48-56. – EDN DFQUSX.
2. Прошлое, настоящее, перспективы и проблемы совершенствования специфической профилактики бруцеллеза / В. А. Коршенко, И. А. Щипелева, О. Ф. Кретенчук [и др.] // Медицинский вестник Юга России. 2021. Т. 12, № 3. С. 12-21. – DOI 10.21886/2219-8075-2021-12-3-12-21. – EDN NMHPPL.
3. Касина И. В., Алексеева С. А., Немировская Т. И. Перспективы совершенствования экспертизы качества вакцины бруцеллезной живой по показателю «Специфическая активность» // Биопрепараты. Профилактика, диагностика, лечение. 2020. Т. 20, № 2. С. 126-135. DOI 10.30895/2221-996X-2020-20-2-126-135. – EDN XMQYLU.
4. Гордиенко Л. Н., Куликова Е. В., Новиков А. Н. Сравнительная оценка способов оздоровления крупного рогатого скота от бруцеллеза // Приоритетные направления развития образования и науки : Сборник материалов II Международной научно-практической конференции. В 2-х томах, Чебоксары, 30 июля 2017 года / Редколлегия: О.Н. Широков [и др.]. Том 1. – Чебоксары: Общество с ограниченной ответственностью «Центр научного сотрудничества «Интерактив плюс», 2017. – С. 89-92. – EDN ZCGWYF.

References

1. Ponomarenko DG, Rusanova DV, Khachaturova AA, et al. Analysis of the epidemic and epizootic situation on brucellosis around the world in 2019 and the forecast for the Russian Federation for 2020. *Problems of Particularly Dangerous Infections*. 2020;(2):48-56. (In Russ.). Available from: <https://doi.org/10.21055/0370-1069-2020-2-48-56>. EDN: DFQUSX.
2. Korshenko VA, Shchipeleva IA, Kretenchuk OF, et al. The past, present, prospects and problems of improving the specific prevention of brucellosis. *Medical Herald of the South of Russia*. 2021;12(3):12-21. (In Russ.). Available from: <https://doi.org/10.21886/2219-8075-2021-12-3-12-21> EDN: NMHPPL.
3. Kasina IV, Alekseeva SA, Nemirovskaya TI. Prospects for improving quality evaluation of the live brucellosis vaccine in terms of specific activity. *Biological products. Prevention, Diagnosis, Treatment*. 2020;20(2):126-35. (In Russ.). Available from: <https://doi.org/10.30895/2221-996X-2020-20-2-126-135> EDN: XMQYLU.
4. Gordienko LN, Kulikova EV, Novikov AN. Comparative evaluation of methods for treating cattle from brucellosis. In: Shirokov ON, editor. *Priority directions for the development of education and science : Collection of Materials from the 2nd International Scientific and Practical Conference; 2017 July 30; Cheboksary. Vol. 1*. Cheboksary: Interactive Plus Publ.; 2017]. p. 89-92. EDN: ZCGWYF.

Информация об авторах

- С. С. Лохова** – кандидат химических наук, доцент кафедры;
З. А. Кубатиева – доктор биологических наук, профессор кафедры;
Л. Н. Гутиева – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры;
В. А. Кусова – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры.

Вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 15.06.2026; одобрена после рецензирования 16.07.2026; принята к публикации 24.07.2026.

Information about the authors

S. S. Lokhova – PhD (Chemistry), Associate Professor;

Z. A. Kubatieva – DSc (Biology), Professor;

L. N. Gutieva – PhD (Agriculture), Associate Professor;

V. A. Kusova – PhD (Agriculture), Associate Professor.

Contribution of the authors

All authors have contributed equally to this article. The authors declare that there is no conflict of interest.

The article was submitted to the editorial office on 15.06.2026; approved after review 16.07.2026; accepted for publication 24.07.2026.



Научная статья

УДК 619:616.995.132 (571.6)

https://doi.org/10.54258/20701047_2026_63_3_58

Локализация природных очагов трихинеллеза в Дальневосточном федеральном округе

Галина Анатольевна Бондаренко^{1✉}, Ирина Александровна Соловьева²,
Марина Евгеньевна Остякова³, Тамара Ивановна Трухина⁴

^{1,2,3,4}Дальневосточный зональный научно-исследовательский ветеринарный институт,
Благовещенск, Россия

¹galy78@yandex.ru✉, <https://orcid.org/0000-0001-8641-2388>

²sia_storm@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3946-4593>

³dalznividv@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2996-0991>

⁴toma.trukhina@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4882-6971>

Аннотация. В России регистрация природных очагов трихинеллеза фиксируется с различной интенсивностью. Цель – локализация природных очагов трихинеллеза на территории Дальневосточного федерального округа. В Республике Бурятия установлено два очага – Северо-Байкальский район и Иволгинский. Резервуар – бурый медведь. В Забайкальском крае резервуаром является кабан. Особенностью Забайкальского края является повышенное содержание тяжелых металлов, что создаёт условия фонового токсического стресса у животных, ослабляя иммунитет и облегчая циркуляцию паразита. В Камчатском крае Усть-Камчатский район (бурый медведь). В Сахалинской области трихинеллы обнаружены у бурых медведей в трёх районах – Анивском, Корсаковском и Макаровском. Особенностью Камчатского края и Сахалинской области является изолированность территорий, что способствует тесным трофическим связям и концентрации паразита среди ограниченного круга животных. В Якутии выявлено два очага природного трихинеллёза – г. Якутск и Олёкминский район (бурый медведь). Особенность Якутии – труднодоступные территории, вечная мерзлота и большое количество хищников, что способствует накоплению и распространению трихинеллеза. В Хабаровском крае очаги трихинеллеза выявлены у бурых медведей в Хабаровском, Тугуро-Чумиканском, районе имени Лазо и г. Комсомольск-на-Амуре. На территории Чукотского автономного округа очаги трихинеллеза имеют природный, синантропный и смешанный характер. Очаги природного очага установлены в г. Анадырь, Анадырском и Чукотском муниципальных районах, Билибинском районе, г. Певек, п. Эгвекинот (росомаха, бурый медведь, лисица, волк, песец). Особенностью Чукотки является экстремально суровый климат под влиянием холодных арктических вод, где вечная мерзлота «консервирует» тушки животных, внутри которых сохраняются личинки трихинелл. Выявлена совокупность факторов, способствующих циркуляции трихинеллеза в Дальневосточном регионе – комплекс природных и социально-экономических факторов. Выявление и локализация природных очагов трихинеллеза имеет ключевое значение для эпидемиологического надзора и профилактики трихинеллеза.

Ключевые слова: природный очаг, синантропный очаг, резервуар, трихинеллез, субъекты, Дальневосточный федеральный округ

Для цитирования: Бондаренко Г.А., Соловьева И.А., Остякова М.Е., Трухина Т.И. Локализация природных очагов трихинеллеза в Дальневосточном федеральном округе // Известия Горского государственного аграрного университета. 2026. Т. 63, № 3. С. 58-66. https://doi.org/10.54258/20701047_2026_63_3_58

Original article

Localization of natural foci of trichinellosis in the Far eastern federal district

**Galina A. Bondarenko^{1✉}, Irina A. Solovyeva², Marina E. Ostyakova³,
Tamara I. Trukhina⁴**

^{1,2,3,4}Far East Zone Research Veterinary Institute, Blagoveshchensk, Russia

¹galy78@yandex.ru[✉], <https://orcid.org/0000-0001-8641-2388>

²sia_storm@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3946-4593>

³dalznividv@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2996-0991>

⁴toma.trukhina@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4882-6971>

Abstract. In Russia, natural foci of trichinellosis are being recorded with varying intensity. The goal is to localize natural foci of trichinellosis in the Far Eastern Federal District. In the Republic of Buryatia, two foci have been identified: the Severobaikalsky District and the Ivolginsky District. The brown bear is the reservoir. In the Zabaikalsky Krai, the wild boar is the reservoir. A characteristic feature of the Zabaikalsky Krai is its elevated heavy metal levels, which create conditions of background toxic stress in animals, weakening the immune system and facilitating the circulation of the parasite. In the Kamchatka Krai, the Ust-Kamchatsky District is home to brown bears. In the Sakhalin Oblast, *Trichinella* has been detected in brown bears in three districts: Anivsky, Korsakovsky, and Makarovsky. A distinctive feature of the Kamchatka Krai and Sakhalin Oblast is their isolated locations, which facilitates close trophic relationships and concentration of the parasite among a limited number of animals. Two natural trichinellosis outbreaks have been identified in Yakutia: the city of Yakutsk and the Olekminsky District (brown bear). Yakutia is characterized by its remoteness, permafrost, and large numbers of predators, which facilitates the accumulation and spread of trichinellosis. In Khabarovsk Krai, trichinellosis outbreaks have been identified in brown bears in Khabarovsk, Tuguro-Chumikansky, and the Laz districts, and in Komsomolsk-on-Amur. In the Chukotka Autonomous Okrug, trichinellosis outbreaks are natural, synanthropic, and mixed. Natural outbreaks have been identified in the city of Anadyr, the Anadyr and Chukotsky municipal districts, the Bilibinsky District, the city of Pevek, and the village of Egvekinot (wolverine, brown bear, red fox, wolf, and Arctic fox). Chukotka is characterized by an extremely harsh climate influenced by cold Arctic waters, where permafrost «preserves» animal carcasses, which harbor *Trichinella* larvae. A combination of factors—a combination of natural and socioeconomic factors—has been identified that contribute to the circulation of trichinellosis in the Far East region. Identifying and localizing natural foci of trichinellosis is crucial for epidemiological surveillance and prevention.

Keywords: *natural focus, synanthropic focus, reservoir, trichinosis, subjects, Far Eastern Federal District*

For citation: Bondarenko GA, Solovieva IA, Ostyakova ME, Trukhina TI. Localization of natural foci of trichinosis in the Far Eastern Federal District. *Proceedings of Gorsky State Agrarian University*. 2026;63(Pt3):58-66. (In Russ.). Available from: https://doi.org/10.54258/20701047_2026_63_3_58

Введение. Природные очаги трихинеллеза регистрируются на всех континентах, исключение составляет Австралия, где регистрируются исключительно завозные случаи заболевания [1]. В России регистрация очагов трихинеллеза регистрируется с различной интенсивностью, высокая активность очагов установлена в Краснодарском крае, Центральном регионе РФ (Тульская, Рязанская, Воронежская) и Дальневосточном федеральном округе [2-6]. Заболеваемость трихинеллезом на территории ДФО превышает среднефедеральные показатели в 4,25 раз [7].

Локализация очагов трихинеллеза на территории Российской Федерации формируется из нескольких факторов – это трофические связи (хищник-жертва, падаль), поддерживают трихинеллез в природных условиях, климатические, например, в суровых условиях (тундра, тайга), где хищники зимой испытывают нехватку пищи и передача инвазии идет более интенсивно, чем в более комфортных

условиях, а также антропогенный фактор, где человек является причиной заноса инвазии из природного очага в синантропный. Таким образом, понимание локализации природных очагов трихинеллеза имеет ключевое значение для эпидемиологического надзора и профилактики этого опасного заболевания.

Цель работы – определить локализацию природных очагов трихинеллеза на территории Дальневосточного федерального округа.

Материалы и методы исследований. Работа выполнена на базе отдела паразитологии и зооэкологии ФГБНУ ДальЗНИВИ.

Объект исследования: отчетность ветеринарных служб 11 субъектов Дальневосточного федерального округа. Использовали эпизоотологические, статистические, математические методы исследований. Анализ выполнен на основании данных ветеринарных служб Амурской области, Еврейской автономной области, Хабаровского края, Приморского края, Республики Бурятия, Забайкальского края, Камчатского края, Магаданской области, Республики Саха (Якутия), Сахалинской области, Чукотского автономного округа за период 2023-2024 гг. По каждому субъекту устанавливали случаи выявления личинок трихинелл по видам и районам добычи зараженных животных. Обработка полученных данных произведена с использованием стандартных компьютерных программ Microsoft Excel 2010.

Результаты и обсуждения. В результате проведенного анализа данных за 2023-2024 гг. трихинеллез у животных выявлен в 7 субъектах Дальневосточного федерального округа: Республика Бурятия, Республика Саха (Якутия), Камчатский, Забайкальский, Хабаровский края, Сахалинская область и Чукотский автономный округ.

Республика Бурятия. В Республике Бурятия выявлено два района – Иволгинский район (ЭИ = 7,7%) и Северо-Байкальский муниципальный район (ЭИ = 4,5%). Трихинеллез выявлен у бурых медведей. Северо-Байкальский район Республики Бурятия обладает обширной территорией с дикой природой, резко континентальным климатом, смягченным близостью озера Байкал, является промысловым районом с высокой концентрацией хищников, являющихся основными резервуарами трихинеллеза в природных условиях. Иволгинский район имеет меньшую территорию, но также высокий процент охотничьих угодий, обладает более резким по сравнению с Северо-Байкальским районом климатом из-за расположения на Иволгинской котловине. Имеет меньшую плотность пушных и хищных зверей [8].

Таким образом, сочетание нескольких факторов – большие труднодоступные районы, высокая численность хищников и активный промысел диких охотничьих видов животных способствует поддержанию и сохранению природных очагов трихинеллеза в Республике Бурятия. Резервуаром трихинеллеза в Иволгинском и Северо-Байкальском районах Бурятии является бурый медведь.

Забайкальский край. Возбудитель трихинеллеза выявлен у 2 диких кабанов ЭИ = 20,0%. Район выявления зараженных животных не установлен. Забайкальский край является регионом с ярко выраженным резко континентальным климатом, отмечается обилие солнца и большие температурные перепады, особенность края – малая толщина снежного покрова в зимний период, имеет горный рельеф, в южной части расположены равнины. Обладает богатой фауной, из них более 20 видов промысловых животных, в том числе хищники: бурый медведь, волк, обыкновенная лисица, корсак, соболь, россомаха, рысь, горностай, колонок, норка. По данным Викулиной Н.А. (2024) животные в Забайкальском крае живут в условиях сильнейшего геохимического прессинга. Естественное содержание тяжёлых металлов и микроэлементов (ртуть, свинец, мышьяк, медь, молибден, бор, титан, цирконий, стронций и др.) в почвах и воде может превышать предельно допустимые концентрации в сотни раз. Техногенные аномалии в крае включают 79 хвостохранилищ, и выбросы тяжелой металлургии добавляют в экосистему кадмий, ртуть, свинец [9]. Резко континентальный климат с отмечаемым сухим весенним периодом создают благоприятные условия для сохранения тушек погибших и павших животных, где сохраняются личинки трихинелл. Следует отметить создание фонового токсического стресса у животных, который, накапливая тяжелые металлы в тушах, ослабляет иммунитет животного, облегчая циркуляцию паразита. Таким образом, климат, рельеф и геохимический фон Забайкальского края формируют благоприятные условия для поддержания природных очагов трихинеллеза. Кабан, как всеядный вид, является ключевым звеном в циркуляции паразита Забайкальского края.

Камчатский край. В Камчатском крае возбудитель трихинеллеза выявлен у 4 медведей в Усть-Камчатском муниципальном районе (ЭИ = 17,4 %) и у 38 домашних свиней (ЭИ = 0,12 %) в хозяйствах Петропавловск-Камчатского городского округа.

Усть-Камчатский муниципальный район имеет горно-вулканическую территорию в долине реки Камчатка.

Петропавловск - Камчатский городской округ представляет равнинную прибрежную часть на побережье Авачинской бухты Тихого океана, в зоне высокой сейсмической опасности. Климат – умеренно-морской, муссонный [10].

Фауна наземных животных Камчатки островная, богатая, включает 20 видов объектов охоты, в том числе 6 лимитируемых видов: бурый медведь, снежный баран, лось, соболь, выдра, рысь [11].

Таким образом, высокая зараженность медведей Усть-Камчатского района (ЭИ = 17,4%) является постоянным источником угрозы для возникновения синантропных очагов в других районах края. Установлен синантропный очаг (домашние свиньи) в Петропавловск-Камчатском городском округе (ЭИ = 0,12%). Особенностью Камчатского края является изолированность территории, что способствует тесным трофическим связям и концентрации паразита среди ограниченного круга животных.

Республика Саха (Якутия). Трихинеллез зарегистрирован в Олёкминском районе у бурого медведя с ЭИ = 2,7 % и в г. Якутск (неустановленный вид дикого животного) ЭИ = 1,0 %. Якутия является крупнейшим субъектом Российской Федерации, 40 % территории находится за Полярным кругом, зона сплошной многолетней мерзлоты (прерывистая на юго-западе), резко-континентальный климат. Олекминский район входит в состав Южной Якутии, чуть выше расположен г. Якутск. Рельеф горный, умеренно континентальный климат. В Якутии из хищных животных обитают бурый и белый медведи, волк, рысь, россомаха, лисица, песец, колонок [12], которые способны накапливать большое количество личинок трихинелл. Развит охотничий промысел. Таким образом, обширные и труднодоступные территории Саха (Якутия), вечная мерзлота и большое количество хищников способствует накоплению и распространению трихинеллеза. Выявлено два очага природного трихинеллеза – в Олёкминском районе и г. Якутск.

Хабаровский край. В 2023 году возбудитель трихинеллеза в Хабаровском крае выявлен у 2 бурых медведей (муниципальный район им. Лазо – 1, Тугуро-Чумиканский муниципальный район – 1), ЭИ = 4,1 %. В 2024 году возбудитель трихинеллеза выявлен у 4 бурых медведей (городской округ Комсомольск-на-Амуре – 3, Хабаровский муниципальный район – 1), ЭИ = 6,2 %.

Климат Хабаровского края муссонный, обладает ярко выраженной сезонностью, умеренный в Хабаровском муниципальном районе и районе им. Лазо; холодно-умеренный в Комсомольском районе. Большая часть территории края находится в зоне вечной мерзлоты. На севере она носит сплошной характер, на юге – островной, оказывает влияние на природу – почву, растительность, рельеф и фауну [13]. Мерзлый слой почвы является водоупором, что приводит к переувлажнению и заболачиванию почв в тёплый период.

Животный мир Хабаровского края разнообразен благодаря его большой территории, сочетанию горных и равнинных ландшафтов, тайги и широколиственных лесов, из хищных млекопитающих – амурский тигр (краснокнижный вид), бурый и гималайский медведи, волк, рысь, лисица, соболь, колонок, горностаи, россомаха. Следует отметить, что все виды хищных животных способны быть резервуаром личинок трихинелл. Также в Хабаровском крае многочисленны птицы, включая хищные виды (белоплечий орлан, ястреб-тетеревятник, канюки, коршуны и сокола), которые могут аккумулировать бескапсульный вид трихинелл (*Trichinella pseudospiralis*), регистрируемый на территории Дальневосточного федерального округа [14].

Таким образом, суровый климат Хабаровского края формирует вечную мерзлоту, которая определяет тип растительности (лиственничники, тундры, стланики), формируя среду обитания и кормовую базу для диких животных. Очаги природного трихинеллеза выявлены в популяции бурых медведей в Хабаровском муниципальном районе, Тугуро-Чумиканском муниципальном районе, районе имени Лазо и городском округе Комсомольска-на-Амуре Хабаровского края.

Чукотский автономный округ. По данным эпизоотического анализа за 2023-2024 гг. в Чукотском автономном округе зарегистрировано наибольшее количество зараженных трихинеллезом жи-

вотных среди всех субъектов Дальневосточного федерального округа – 131 животное (71 % всех выявленных случаев): собака – 70 (ЭИ = 11,6 %), росомаха – 4 (ЭИ = 16,7 %), бурый медведь – 6 (ЭИ = 31,6 %), лисица – 4 (ЭИ = 25,0 %), волк – 6 (ЭИ = 17,6 %), песец – 41 (ЭИ = 56,9 %). Трихинеллез регистрировался в городском округе Анадырь и Анадырском муниципальном районе, Чукотском муниципальном районе, г. Билибино и Билибинском районе, г. Певек, п. Эгвекинот и Провиденском городском округе. Климат Чукотки экстремально суровый, арктический и субарктический, обусловлен ее географическим положением. На климат влияет окружение холодными арктическими водами (Западно-Арктическое течение) и изолированность от теплых тихоокеанских течений.

Территория Чукотки расположена в зоне сплошной (непрерывной) многолетней мерзлоты. Мерзлота распространена повсеместно и определяет гидрологический режим (заболачивание), формирует специфические формы рельефа (бугры пучения, термокарстовые озера) [15].

Фауна Чукотки уникальна и адаптирована к жизни в Арктике. Особое значение для жизни коренных народов имеют морские животные – морж, тюлень и кит. Наземные хищники – белый медведь, бурый медведь, волк, песец, росомаха. Лемминги, заяц-беляк являются ключевыми видами в пищевой цепи животных тундры. Из птиц наблюдается множество перелетных видов. В суровых условиях тундры пищевые связи тесные, хищники и всеядные животные (медведи, песцы) поедают друг друга и падаль, поддерживая циркуляцию паразита в природе. Активная охота коренных народов Севера (чукчей, эскимосов) и употребление в пищу сырого или полусырого мяса и жира (строганина, мороженое мясо), необходимого для выживания, ведет к заражению человека и домашних животных, способствует распространению и формированию синантропных очагов инвазии. Таким образом, проблема трихинеллеза на Чукотке является прямым следствием комплексного взаимодействия природных и социально-экономических факторов. Вечная мерзлота выступает сохраняющим (консервирующим) фактором тушек животных, внутри которых долгое время способны выживать личинки морозоустойчивых видов трихинелл.

На территории Чукотского автономного округа выявлены очаги трихинеллеза в городском округе Анадырь и Анадырском муниципальном районе, Чукотском муниципальном районе, г. Билибино и Билибинском районе, г. Певек, п. Эгвекинот и Провиденском городском округе. Наиболее активные в Чукотском и Анадырском районе. Установлены 6 резервуаров – собака, росомаха, бурый медведь, лисица, волк, песец. Из них наиболее значимые песец (ЭИ = 56,9 %) и бурый медведь (ЭИ = 31,6 %). Таким образом, очаги трихинеллеза в ЧАО имеют природный, синантропный и смешанный характер. Природные очаги зарегистрированы в Билибинском районе (лисица, волк); синантропные очаги (собака) в г. Билибино и Провиденском городском округе; природно-синантропные в городском округе Анадырь (собака, бурый медведь, лисица) и Анадырском муниципальном районе (собака, бурый медведь, лисица, волк, росомаха), Чукотском районе (собака, песец), п. Эгвекинот и г. Певек (собака, росомаха).

Сахалинская область. Очаги трихинеллеза обнаружены у бурых медведей в трёх районах – Анивском, Корсаковском и Макаровском. Территория Сахалинской области имеет сложный рельеф, расположена на островах. На севере преобладает равнина, холмистая, сильно заболоченная территория. В центральном и южном направлении господствуют горные хребты средней высоты, вытянутые с севера на юг – Западно-Сахалинские и Восточно-Сахалинские горы. Отличаются сейсмической активностью [16]. Между хребтами расположены крупные низменности – Тымь-Поронайская и Сунайская, где протекают крупнейшие реки острова Тымь и Поронай. Климат Сахалина умеренный муссонный, зависит от окружающих морей и материка. В связи с географическим расположением области животный мир Сахалина островной, относительно небогатый. Из хищных млекопитающих – бурый медведь, соболь, лисица, росомаха, горностай, американская норка, краснокнижные – морская выдра, рысь; ластоногих – нерпа, сивуч, морской котик. Около 400 видов птиц. Также остров богат ихтиофауной (лососевые, сельдевые, корюшковые).

Таким образом, сочетание горно-таёжных ландшафтов с высокой численностью популяции хищников (особенно бурых медведей) создает все условия для циркуляции возбудителя в дикой природе, что делает территорию эндемичной по трихинеллезу.

Дальневосточный федеральный округ. В целом по Дальневосточному федеральному округу выявлены очаги трихинеллеза в 7 субъектах – Республика Саха (Якутия) и Бурятия, Камчатский, Забайкальский и Хабаровский края, Чукотский автономный округ и Сахалинская область (рис.1). Наиболее активные очаги отмечены в Чукотском автономном округе, где выявлено наибольшее количество видов (собака, россомаха, бурый медведь, лисица, волк, песец) и зараженных возбудителем трихинеллеза животных.

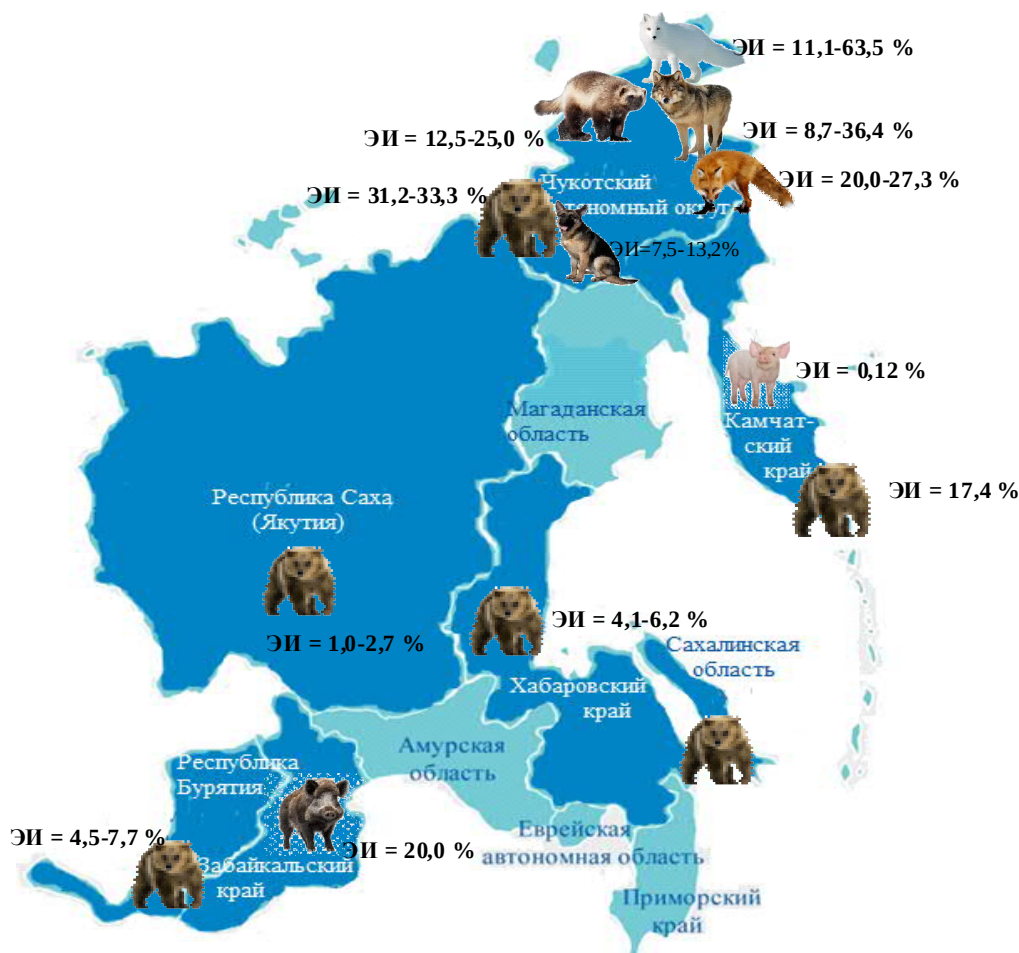


Рис. 1. Очаги трихинеллеза в Дальневосточном федеральном округе

Fig. 1. Trichinellosis outbreaks in the Far Eastern Federal District

Источник: https://map.ombudsmanrf.org/Karta_Yadro/dalnevost_fed_okr.html

Source: https://map.ombudsmanrf.org/Karta_Yadro/dalnevost_fed_okr.html

Выявлена совокупность факторов, способствующих циркуляции трихинеллеза в Дальневосточном регионе – комплекс природных и социально-экономических факторов. К природным факторам относятся климат, ландшафт, вечная мерзлота и природные резервуары (дикие животные). Для Дальневосточного региона характерны обширные и труднодоступные территории с нетронутой природой (тайга, тундра, горы), где циркуляция личинок трихинелл не контролируется человеком. Климат варьируется от резко континентального до арктического (субарктического), значительно не влияет на циркуляцию морозоустойчивых видов трихинелл. Особенностью Дальневосточного региона является вечная мерзлота, которая отмечена во многих регионах ДФО, таких как Чукотский автономный округ (сплошная), Якутия (сплошная, по югу очаговая), Хабаровский край (очаговая). Фактор вечной мерзлоты формирует специфическую экосистему в регионе, влияет, но не препятствует распространению трихинеллеза. Зарегистрированы следующие резервуары инвазии в целом по региону – бурый медведь, лисица, волк, россомаха, песец, дикий кабан, собака и домашняя свинья. Основным

источником (резервуаром) является бурый медведь, отмечен в 5 субъектах Дальневосточного региона – Республика Саха (Якутия) и Бурятия, Хабаровский и Камчатский край, Чукотский автономный округ. К социально-экономическим факторам относится труднодоступность районов, активный охотничий промысел, особенности традиционного питания для заражения человека и синантропных видов животных, распространение бродячих собак в регионе. В основном для региона характерны природные очаги трихинеллеза (Забайкальский, Камчатский, Хабаровский край, Республика Бурятия и Саха (Якутия), Сахалинская область и Чукотский автономный округ). Небольшой процент занимают синантропные очаги г. Петропавловск-Камчатский Камчатского края, г. Билибино и Провиденский городской округ Чукотского автономного округа. Смешанные (природно-синантропные) очаги отмечены в городском округе Анадырь и Анадырском муниципальном районе, Чукотском районе, п. Эгвекинот и г. Певек Чукотского автономного округа.

Список источников

1. Гаркави Б. Л. Трихинеллез, вызываемый *Trichinella pseudospiralis* (морфология и биология возбудителя, эпизоотология и эпидемиология, диагностика, меры борьбы и профилактика) // Российский паразитологический журнал. 2007. № 2. С. 35-116. – EDN KDRQIF.
2. Андреянов О. Н. Трихинеллез животных в Центральном регионе России // Современные проблемы общей и прикладной паразитологии : Сборник научных статей по материалам XV национальной научно-практической конференции памяти профессора В.А. Ромашова, Воронеж, 25 ноября 2021 года. – Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I, 2021. С. 8-12. – EDN KLYYFF.
3. Трихинеллез на Юге и Дальнем Востоке России / Т. И. Твердохлебова, О. Е. Троценко, О. С. Думбадзе [и др.] // Дальневосточный медицинский журнал. 2020. № 4. С. 41-46. DOI 10.35177/1994-5191-2020-4-41-46. – EDN AKOGYX.
4. Шипкова Л. Н., Шипкова А. К. Трихинеллез на территории Краснодарского края // Теория и практика борьбы с паразитарными болезнями. 2024. № 25. С. 469-474. DOI 10.31016/978-5-6050437-8-2.2024.25.469-474. – EDN FNOXDE.
5. Ecology of trichinellosis transmission in the Voronezh state nature reserve and adjacent areas, Russia / B. V. Romashov, I. M. Odоеvskaya, N. B. Romashova [et al.] // Nature Conservation Research. 2021. Vol. 6, No. 2. – P. 1-15. DOI 10.24189/ncr.2021.023. – EDN RINOGS.
6. Распространение трихинеллеза в природных условиях юга Дальнего Востока / Г. А. Бондаренко, Т. И. Трухина, И. А. Соловьева [и др.] // Ветеринария. 2020. № 8. С. 33-35. DOI 10.30896/0042-4846.2020.23.8.33-35. – EDN TNORVE.
7. Мониторинг трихинеллеза в Дальневосточном федеральном округе / Г. А. Бондаренко, И. А. Соловьева, М. Е. Остякова [и др.] // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2025. № 2(70). С. 122-132. – DOI 10.18286/1816-4501-2025-2-122-132. – EDN XGLDJL.
8. Викулина Н. А., Каюкова С. Н., Никулина Н. А. Ресурсный потенциал охотничьего хозяйства Забайкальского края Российской Федерации // Вестник ИрГЦХА. 2025. № 129. С. 87-95. DOI: 10.51215/1999-3765-2025-129-87-95. – EDN TSHWHP.
9. Викулина Н. А. Природные геохимические аномалии Забайкальского края как один из факторов благополучия охотничьих животных // Вестник ИрГЦХА. 2024. № 122. С. 93-102. DOI 10.51215/1999-3765-2024-122-93-102. – EDN LUZPXN.
10. Гриц А. А. Характеристика погодно-климатических условий для рекреации на Камчатке // Научные итоги года: достижения, проекты, гипотезы. 2011. № 1-1. С. 9-13. – EDN RHMVJD.
11. Валенцев А. С., Снегур П. П. Формирование современной фауны наземных млекопитающих Камчатки // Охрана и рациональное использование животных и растительных ресурсов : Материалы международной научно-практической конференции, приуроченной к 120-летию со дня рождения профессора В.Н. Скалона, в рамках XII международной научно-практической конференции «Климат, экология, сельское хозяйство Евразии», Молодежный, 24–28 мая 2023 года. Том 2023. – Молодежный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2023. С. 38-43. – EDN HQWWLR.

12. Вольперт Я. Л., Шадрина Е. Г., Данилов В. А. Население млекопитающих арктических и субарктических территорий Якутии в настоящее время и прогноз трансформаций в условиях интенсификации техногенного воздействия // Проблемы региональной экологии. 2023. № 2. С. 79-85. DOI 10.24412/1728-323X-2023-2-79-85. – EDN HIEENG.

13. Петров Е. С., Новороцкий П. В., Леншин В. Т. Климат Хабаровского края и Еврейской автономной области. Ответственный редактор д.г.н. А.Н. Махинов. – Владивосток-Хабаровск : Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, 2000. 174 с. ISBN 5-7442-1243-4. – EDN TUNFHZ.

14. Городович Н. М., Городович С. Н. Борьба с трихинеллезом в дикой природе : (методические рекомендации); Российская акад. с.-х. наук, ГУ Дальневосточный зональный науч.-исслед. ветеринарный ин-т. – Благовещенск: Дальневосточный зональный НИВИ, 2009. 7 с. EDN QLAWRX.

15. The Influence of Climate Warming on the Hydrological Regime of Thermokarst Lakes in the Subarctic (Chukotka, Russia) / O. D. Tregubov, P. Ya. Konstantinov, V. V. Shamov [et al.] // Science of Lakes - Multidisciplinary Approach / Edited by A. A. Assani. London: IntechOpen. 2023. DOI: 10.5772/intechopen.111959

16. Взаимосвязь морфометрических параметров рельефа и сейсмичности острова Сахалин / А. Л. Собисевич, Г. М. Стеблов, А. О. Агибалов [и др.] // Вестник Московского университета. Серия 4: Геология. 2024. Т. 63, № 6. С. 32-41. DOI 10.55959/MSU0579-9406-4-2024-63-6-32-41. – EDN UBPZRP.

References

1. Garkavi BL. Trichinellosis caused by *Trichinella pseudospiralis* (morphology and biology, epizootology and epidemiology, diagnostics, control measures and preventive maintenance). *Russian Journal of Parasitology*. 2007; (2):35-116. (In Russ.). EDN: KDRQIF.

2. Andreyanov O.N. Trichinellosis of animals in the Central region of Russia. [In: *Modern Problems of General and Applied Parasitology : Collection of Scientific Articles Based on the Materials of the 15th National Scientific and Practical Conference in Memory of Professor V. A. Romashov; 2021 Nov 25; Voronezh*. Voronezh: Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I; 2021]. p. 8-12. (In Russ.). EDN: KLYYFF.

3. Tverdokhlebova TI, Trotsenko OE, Dumbadze OS, et al. Trichinellosis in the south and the far east of the Russian federation. *Far East Medical Journal*. 2020;(4):41-6. (In Russ.). Available from: <https://doi.org/10.35177/1994-5191-2020-4-41-46>. EDN: AKOGYX.

4. Shipkova LN, Shipkova AK. Trichinellosis in the Krasnodar territory. *Theory and practice of parasitic disease control*. 2024;(25):469-74. (In Russ.). Available from: <https://doi.org/10.31016/978-5-6050437-8-2.2024.25.469-474>. EDN: FNOXDE.

5. Romashov BV, Odоеvskaya IM, Romashova NB, et al. Ecology of trichinellosis transmission in the Voronezh state nature reserve and adjacent areas, Russia. *Nature Conservation Research*. 2021;6(2):1-15. Available from: <https://doi.org/10.24189/ncr.2021.023>. EDN: RINOGS.

6. Bondarenko GA, Trukhina TI, Solovyeva IA, et al. Distribution of trichinosis in natural conditions of the south of the Far East. *Veterinary Medicine*. 2020;(8):33-5. (In Russ.). Available from: <https://doi.org/10.30896/0042-4846.2020.23.8.33-35>. EDN: TNORVE.

7. Bondarenko GA, Solovyeva IA, Ostyakova ME, et al. Monitoring of trichinosis in the Far Eastern Federal District. *Vestnik of Ulyanovsk state agricultural academy*. 2025;2(70):122-32. (In Russ.). Available from: <https://doi.org/10.18286/1816-4501-2025-2-122-132>. EDN: XGLDJL.

8. Vikulina NA, Kayukova SN, Nikulina NA. Resource potential of the hunting industry of the Trans-Baikal krai of the Russian Federation. *Vestnik IrGSHA*. 2025;(129):87-95. (In Russ.). Available from: <https://doi.org/10.51215/1999-3765-2025-129-87-95>. EDN: TSHWHP.

9. Vikulina NA. Natural geochemical anomalies of Trans-Baikal territory as one of the factors of well-being of hunting animals. *Vestnik IrGSHA*. 2024;(122): 93-102. (In Russ.). Available from: <https://doi.org/10.51215/1999-3765-2024-122-93-102>. EDN: LUZPXN.

10. [Grits AA. Characteristics of weather and climate conditions for recreation in Kamchatka. *Scientific results of the year: achievements, projects, hypotheses*. 2011;1(1):9-13. (In Russ.). EDN: RHMVJD.

11. Valentsev AS, Snegur PP. Kamchatka terrestrial mammals modern fauna formation. [In: *Protection and Rational Use of Animal and Plant Resources: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference dedicated to the 120th anniversary of the birth of Professor V.N. Skalon, held as part of the 12th International Scientific and Practical Conference "CLIMATE, ECOLOGY, AGRICULTURE OF EURASIA"*; 2023 May 24-28; Molodezhnyj. Vol. 2023. Youth: Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky; 2023]. p. 38-43. (In Russ.). EDN: HQWWLR.

12. Volpert YaL, Shadrina EG, Danilov VA. Population of small mammals of the arctic and subarctic territories of Yakutia today and a prognosis of its transformations in the conditions of intensifying technogenic impact. *Regional Environmental Issue*. 2023;(2):79-85. (In Russ.). Available from: <https://doi.org/10.24412/1728-323X-2023-2-79-85>. EDN: HIEEHG.

13. Petrov ES, Novorotsky PV, Lenshin VT. *Climate of Khabarovsk territory and Jewish autonomous region*. [Makhinov AN, editor. Vladivostok-Khabarovsk: Institute for Aquatic and Ecological Problems, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences; 2000]. (In Russ.). ISBN: 5-7442-1243-4. EDN: TUNFHZ.

14. [Gorodovich NM, Gorodovich SN. *Combating trichinosis in the wild: (methodological recommendations)*. Blagoveshchensk: Far Eastern Zonal Research Institute; 2009]. (In Russ.). EDN: QLAWRX.

15. Tregubov OD, Konstantinov PYa, Shamov VV, et al. The Influence of Climate Warming on the Hydrological Regime of Thermokarst Lakes in the Subarctic (Chukotka, Russia). In: Assani AA, editor. *Science of Lakes - Multidisciplinary Approach*. London: IntechOpen; 2023. Available from: <https://doi.org/10.5772/intechopen.111959> English.

16. Sobisevich AL, Steblov GM, Agibalov AO, et al. Interrelation of morphometric parameters of relief and seismicity of Sakhalin Island. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 4: Geologiya*. 2024;(6):32-41. (In Russ.). Available from: <https://doi.org/10.55959/MSU0579-9406-4-2024-63-6-32-41>. EDN: UBPZRP.

Информация об авторах

Г. А. Бондаренко – научный сотрудник отдела паразитологии и зооэкологии;

И. А. Соловьева – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник;

М. Е. Остякова – доктор биологических наук, доцент, директор;

Т. И. Трухина – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник.

Вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку и написание публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 10.07.2026; одобрена после рецензирования 10.09.2026; принята к публикации 15.09.2026.

Information about the authors

G. A. Bondarenko – Researcher in the Department of Parasitology and Zooecology

I. A. Solovieva – PhD (Biology), Leading Researcher;

M. E. Ostyakova – DSc (Biology), Associate Professor, Director;

T. I. Trukhina – PhD (Agriculture), Senior Researcher.

Contribution of the authors

All authors contributed equally to the preparation and writing of this publication. The authors declare no conflict of interest.

The article was submitted to the editorial office on 10.07.2026; approved after review 10.09.2026; accepted for publication 15.09.2026.



Научная статья

УДК 636.2.034

https://doi.org/10.54258/20701047_2026_63_3_67

Влияние субклинического ацидоза и кетоза в ранний послеродовой период на репродуктивную функцию коров

Ирина Владимировна Воротнева¹, Николай Александрович Пудовкин^{2✉}

^{1,2}Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии
им. Н.И. Вавилова, Саратов, Россия

¹vorotnevairina@gmail.com

²niko-pudovkin@yandex.ru[✉], <https://orcid.org/0000-0003-0665-1130>

Аннотация. Энергетический дефицит в ранний послеродовой период является ключевым фактором, лимитирующим репродуктивную эффективность молочных коров. Исследование проводилось в лаборатории кафедры морфологии, патологии животных и биологии Вавиловского университета 2025-2026 гг., производственный опыт в ОГУ «Саратовская межрайСББЖ», на 124 коровах из 9 молочных стад. У всех животных на 1-7 день после отела определяли рН рубцовой жидкости и уровень бета-гидроксибутирата в крови. Установлено, что репродуктивный статус оценивали с помощью трансректального УЗИ на 20, 30, 40 и 60-й день после отела, а диагностику беременности проводили на 30 и 60 день после осеменения. Частота послеродового анэструса на 60-й день составила 37,9 %, беременность на 30-й день установлена у 41,9 % коров, потеря эмбрионов – 13,7 %. Субклинический кетоз ассоциирован с задержкой возобновления циклической активности яичников: частота овуляции у поражённых коров на 20, 30, 40 и 60-й день составила 15,4 %, 23,1 %, 66,7 % и 100 % относительно 28,2 %, 51,8 %, 98,8 % и 100 % у здоровых. Субклинический ацидоз рубца оказывал более выраженное влияние на эмбриональную выживаемость: потеря эмбрионов – 14 % относительно 3 % у здоровых, частота беременности на 60-й день – 24 % относительно 40 %. При субклиническом кетозе беременность на 30-й день диагностирована у 31 % поражённых коров относительно 52 % у здоровых, потеря эмбрионов была сопоставима (7 % относительно 6 %). Переходный рацион получали 25,0 % коров, большинство (75,0 %) не получали специализированного кормления в сухостойный период. Коммерческие концентраты получали 87,9 % коров, кукурузный силос – 37,9 %, сельскохозяйственные побочные продукты – 3,2 %.

Ключевые слова: коровы, субклинический ацидоз рубца, субклинический кетоз, послеродовой анэструс, репродуктивная функция, потеря эмбрионов, беременность, метаболические нарушения

Для цитирования: Воротнева И.В., Пудовкин Н.А. Влияние субклинического ацидоза и кетоза в ранний послеродовой период на репродуктивную функцию коров // Известия Горского государственного аграрного университета. 2026. Т. 63, № 3. С. 67-75. https://doi.org/10.54258/20701047_2026_63_3_67

Scientific article

Effect of subclinical acidosis and ketosis during the early postpartum period on the reproductive function of cows

Irina V. Vorotneva¹, Nikolay A. Pudovkin^{2✉}

^{1,2}Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov,
Saratov, Russia

¹vorotnevairina@gmail.com

²niko-pudovkin@yandex.ru[✉], <https://orcid.org/0000-0003-0665-1130>

Abstract. In the early postpartum period energy deficiency is a key factor limiting the reproductive efficiency of dairy cows. The study was conducted in the laboratory of the Department of Morphology, Animal Pathology, and Biology at Vavilov University in 2025-2026, and as a production trial at the Saratov Interdistrict Scientific and Biochemical Animal Husbandry Research Institute (SIU «Saratov Interdistrict Scientific and Biochemical Animal Husbandry»). The study involved 124 cows from nine dairy herds. Rumen fluid pH and blood beta-hydroxybutyrate levels were measured in all animals on days 1-7 postpartum. Reproductive status was assessed using transrectal ultrasound on days 20, 30, 40, and 60 postpartum, and pregnancy was diagnosed on days 30 and 60 postinsemination. The incidence of postpartum anestrus on day 60 was 37.9 %, pregnancy on day 30 was detected in 41.9 % of cows, and embryo loss was 13.7 %. Subclinical ketosis is associated with a delay in the resumption of cyclic ovarian activity: the ovulation rate in affected cows on days 20, 30, 40, and 60 was 15.4 %, 23.1 %, 66.7 %, and 100 %, respectively, compared to 28.2 %, 51.8 %, 98.8 %, and 100 % in healthy cows. Subclinical rumen acidosis had a more pronounced effect on embryonic survival: embryo loss was 14 % compared to 3 % in healthy cows, and the pregnancy rate on day 60 was 24 % compared to 40 %. With subclinical ketosis, pregnancy on day 30 was diagnosed in 31 % of affected cows compared to 52 % in healthy cows, and embryo loss was comparable (7 % compared to 6 %). Twenty-five percent of cows received a transitional diet; the majority (75.0 %) did not receive specialized feeding during the dry period. Commercial concentrates were consumed by 87.9 % of cows, corn silage by 37.9 %, and agricultural by-products by 3.2 %.

Keywords: cows, subclinical rumen acidosis, subclinical ketosis, postpartum anestrus, reproductive function, embryo loss, pregnancy, metabolic disorders

For citation: Vorotneva IV, Pudovkin NA. Effect of subclinical acidosis and ketosis during the early postpartum period on the reproductive function of cows. *Proceedings of Gorsky State Agrarian University*. 2026;63(Pt3):67-75. (In Russ.). Available from: https://doi.org/10.54258/20701047_2026_63_4_67

Введение. Энергетический дефицит, обусловленный недостаточным потреблением корма в послеродовой период, является ключевым фактором, лимитирующим репродуктивную эффективность молочных коров [1, с. 26; 5, с. 47]. В ранний послеродовой период метаболические и гормональные перестройки сопровождаются нарушениями иммуномодуляции, что повышает предрасположенность животных к метаболическим, маточным и инфекционным заболеваниям [3, с. 92]. Указанные метаболические сдвиги могут негативно влиять на функцию яичников и развитие эмбриона в полости матки, что проявляется увеличением интервала от отёла до оплодотворения, удлинением лактационного периода и, как следствие, значительными экономическими потерями [8, с. 38].

Среди метаболических патологий особое место занимают субклинический ацидоз рубца и субклинический кетоз, которые тесно связаны с энергетическим статусом организма и способствуют снижению воспроизводительных способностей стада [4, с. 50]. Оба состояния часто протекают в субклинической форме, что затрудняет их своевременную диагностику, лечение и контроль, а также негативно сказывается на фертильности [7, с. 67].

Субклинический кетоз крупного рогатого скота развивается вследствие дисбаланса между потребностью организма в энергии и её поступлением, что приводит к усиленной мобилизации жировых резервов и активации печёночного кетогенеза [2, с. 39]. У молочных коров субклинический кетоз чаще всего регистрируется в период со второй по седьмую неделю лактации, когда продуктивность достигает пиковых значений [9, с. 12]. Большинство заболевших животных способны к спонтанному выздоровлению, однако потери продуктивного потенциала у каждой поражённой особи могут быть существенными. При отсутствии своевременной диагностики и терапии субклинический кетоз ассоциирован со снижением молочной продуктивности, ухудшением репродуктивных показателей и повышением риска развития сопутствующих заболеваний [7, с. 68].

В отличие от кетоза, диагностические критерии и прогноз при субклиническом ацидозе рубца остаются предметом дискуссий [1, с. 26]. В частности, пороговые значения pH рубцовой жидкости для постановки диагноза варьируют в разных исследованиях [6, с. 37]. Тем не менее, общепризнанным считается, что субклинический ацидоз рубца развивается при снижении pH рубца до уровня 5,2-6,0, которое отмечается ежедневно в течение нескольких часов [5, с. 46].

В современных молочных хозяйствах практика перекорма зерновыми концентратами нередко применяется для временного повышения удоев, что обусловлено высокими потребностями в энергии и клетчатке, которые трудно удовлетворить у высокопродуктивных коров, особенно в начале лактации [4, с. 50]. В этот период энергозатраты на синтез молока часто превышают поступление энергии с кормом, что приводит к отрицательному энергетическому балансу и предрасполагает к развитию субклинического кетоза [3, с. 90]. Для компенсации дефицита энергии, стимуляции молокоотдачи и снижения частоты субклинического кетоза в рационы вводят большое количество крахмалистых кормов при одновременном уменьшении доли грубых волокнистых кормов [9, с. 12]. Однако подобные низковолокнистые рационы, напротив, повышают риск возникновения субклинического ацидоза рубца [6, с. 36].

Целью исследования являлось определение риска развития субклинического ацидоза рубца и субклинического кетоза в первую неделю после отела, а также оценка их влияния на послеродовой анэструс на 60-й день, риски беременности и потерю эмбрионов у молочных коров.

Материалы и методы. Исследование проводилось в лаборатории кафедры морфологии, патологии животных и биологии Вавиловского университета 2025-2026 гг., производственный опыт в ОГУ «Саратовская межрайСББЖ».

Исследование проводилось с марта по август 2026 года в Саратовской области на случайной выборке из 9 молочных стад, отобранных по следующим критериям: добровольное участие владельцев, типичные для региона условия содержания, доступность ферм, отсутствие пород двойного назначения, наличие идентификации и учета животных.

В каждое стадо включали всех коров специализированных молочных пород (преимущественно черно-пестрой) со сроком после отела не более семи дней, с нормальным течением отела и клинически здоровых. Стада посещали еженедельно; при первом контакте на 1-7 день после отела отбирали пробы рубцовой жидкости (медиальный руминоцентез) для измерения pH цифровым pH-метром и образцы крови (венопункция хвостовой вены) для определения концентрации бета-гидроксибутирата с помощью портативного кетометра.

Тип выпаса и рацион подкормки фиксировали с помощью опросника, который включал сведения о пастбищах (естественные, улучшенные, с бобовыми), составе подкормки (концентрат, силос, побочные продукты) и кормлении в переходный период; дополнительно регистрировали паритет и среднесуточный надой за первые 60 дней лактации. Репродуктивный статус оценивали трансректальным УЗИ яичников на 20, 30, 40 и 60-й день после отела с классификацией коров как находящихся в эструсе или анэструсе, а диагностику беременности проводили на 30 и 60 день после осеменения, определяя потерю эмбриона как наличие беременности на 30-й день при ее отсутствии на 60-й.

Статистический анализ включал три группы переменных: стадные (средняя продуктивность ≥ 22 или ≤ 21 л/сут., средний паритет, переходное кормление, тип рациона), связанные с заболеваниями (субклинический ацидоз рубца и/или субклинический кетоз в первую неделю; послеродовой анэструс на 60-й день) и фертильности (день первой овуляции, риски беременности на 30 и 60 день, гибель эмбрионов). Субклинический ацидоз рубца диагностировали при pH рубца $< 5,6$ при отсутствии клинических признаков, субклинический кетоз – при уровне бета-гидроксибутирата 1,0-2,9 ммоль/л без клинических симптомов кетоза, а послеродовой анэструс – при отсутствии желтого тела и фолликулов > 8 мм на 60-й день. Риски заболеваемости рассчитывали как отношение числа пораженных коров к общему числу включенных, исходя из предположения об отсутствии данных заболеваний в сухостойный период.

Для оценки влияния субклинического ацидоза рубца и субклинического кетоза на возникновение послеродового анэструса сначала проводили бивариантный логистический регрессионный анализ ($P < 0,15$) между каждой независимой переменной и послеродовым анэструсом, после чего значи-

мые переменные включали в двухуровневый многомерный смешанный логистический регрессионный анализ с обратным пошаговым отбором, где стада учитывали как случайный эффект для коррекции на кластеризацию, а молочную продуктивность и паритет – как потенциальные конфаундеры.

Результаты. Распределение независимых переменных среди этих коров представлено в таблице 1.

Таблица 1. Характеристика исследуемых коров (n = 124)
Table 1. Characteristics of the cows studied (n = 124)

Переменная / Variable	Уровни / Levels	Частота / Frequency	%
Паритет / Parity	1	15	12,1
	2	29	23,4
	3	22	17,7
	4	29	23,4
	≥5	29	23,4
Переходный рацион питания / Transition diet	Да / Yes	31	25,0
	Нет / No	93	75,0
Средняя молочная продуктивность за период 0-60 дней / Average milk yield (0–60 days)	≥22 л./ ≥22 L	78	62,9
	≤21 л./ ≤21 L	46	37,1
Тип пастбища / Pasture type	естественные / natural	75	60,5
	улучшенные / improved	39	31,5
	бобовыми / with legumes	10	8,1
Дополнительные корма / Supplemental feeds	Концентрат / Concentrate	109	87,9
	Сельскохозяйственные побочные продукты / Agricultural by-products	4	3,2
	Кукурузный силос / Corn silage	47	37,9
Субклинический ацидоз рубца (1-7 дней) / Subclinical ruminal acidosis (1–7 days)	Положительный / Positive	19	15,3
	Отрицательный / Negative	105	84,7
Субклинический кетоз (1-7 дней) / Subclinical ketosis (1-7 days)	Положительный / Positive	39	31,5
	Отрицательный / Negative	85	68,5
Послеродовой анэструс (60-й день) / Postpartum anestrus (Day 60)	Положительный / Positive	47	37,9
	Отрицательный / Negative	77	62,1
Беременность на 30-й день после осеменения / Pregnancy at 30 days post-insemination	Положительный / Positive	52	41,9
	Отрицательный / Negative	72	58,1
Потеря эмбриона (30-60 дней) / Embryo loss (30-60 days)	Да / Yes	17	13,7
	Нет / No	107	86,3

Источник: составлено по результатам собственных исследований.

Source: compiled based on our own research.

По паритету животные распределялись следующим образом: первотелки составили 15 голов (12,1 %), коровы второй лактации – 29 (23,4 %), третьей – 22 (17,7 %), четвертой – 29 (23,4 %), а животные с пятью и более лактациями – также 29 голов (23,4 %), что указывает на преобладание коров в третьей и последующих лактациях. Переходный рацион получала 31 корова (25,0 %), тогда

как у большинства (93 головы, 75,0 %) такая практика отсутствовала. Среднесуточная молочная продуктивность за первые 60 дней лактации составила 22 л и более у 78 коров (62,9 %), тогда как 46 животных (37,1 %) давали 21 л и менее, что свидетельствует о преобладании относительно высокопродуктивных особей. Что касается типа пастбищ, то большинство коров (75 голов, 60,5 %) выпасались на естественных пастбищах, 39 животных (31,5%) содержались на улучшенных пастбищах, и лишь 10 коров (8,1 %) имели доступ к пастбищам, обогащенным бобовыми травами (красный клевер). Дополнительная подкормка была широко распространена: коммерческие концентраты получали 109 коров (87,9 %), кукурузный силос – 47 (37,9 %), а сельскохозяйственные побочные продукты (остатки картофеля, яблок или моркови) – всего 4 животных (3,2 %). При этом некоторые коровы получали несколько видов подкормки одновременно, что объясняет сумму процентов, превышающую 100.

Среди метаболических нарушений в первую неделю после отела субклинический ацидоз рубца был диагностирован у 19 коров (15,3 %), тогда как у 105 животных (84,7 %) он отсутствовал; субклинический кетоз выявлен у 39 коров (31,5 %), а у 85 голов (68,5 %) не зарегистрирован. Риск развития субклинического ацидоза рубца, определяемого как pH рубца ниже 5,6 в период с 1-го по 7-й день после отела, составил 15,3 %, субклинического кетоза - 46,2 %. У животных в стадах, получавших энергетические добавки, наблюдался повышенный риск развития субклинического ацидоза рубца, что может быть объяснено различными факторами: составом добавок (сельскохозяйственные побочные продукты могут содержать высокую долю растворимых углеводов), количеством потребляемых добавок и типом основного корма [4, с. 50]. Одновременное возникновение субклинического кетоза и субклинического ацидоза рубца было зарегистрировано у 5,2 % коров, участвовавших в исследовании.

Репродуктивные показатели на 60-й день после отела показали, что послеродовой анэструс наблюдался у 47 коров (37,9 %), тогда как 77 животных (62,1 %) имели признаки нормальной циклической активности. Беременность на 30-й день после осеменения была подтверждена у 52 коров (41,9 %), а у 72 животных (58,1 %) она не наступила. Потеря эмбриона в период с 30-го по 60-й день беременности зафиксирована у 17 коров (13,7 %), тогда как у 107 животных (86,3 %) беременность сохранилась.

Частота восстановления циклической активности яичников у коров с метаболическими нарушениями в первую неделю после отела была ниже по сравнению с животными без таких нарушений, представлена в таблице 2.

У коров с субклиническим ацидозом рубца кумулятивная частота первой овуляции составила 15,8 % (3 из 19) на 20-й день, 42,1 % (8 из 19) на 30-й день, 94,7 % (18 из 19) на 40-й день и 100 % (19 из 19) к 60-му дню после отела, тогда как у коров без данного заболевания эти показатели были выше на всех сроках: 25,7 % (27 из 105), 42,9 % (45 из 105), 97,1 % (102 из 105) и 100 % (105 из 105) соответственно.

Аналогичная тенденция наблюдалась и для субклинического кетоза. У заболевших коров частота овуляции составила 15,4 % (6 из 39) на 20-й день, 23,1 % (9 из 39) на 30-й день, 66,7 % (26 из 39) на 40-й день и 100 % (39 из 39) к 60-му дню, тогда как у здоровых животных эти показатели были выше на всех сроках – 28,2 % (24 из 85), 51,8 % (44 из 85), 98,8 % (84 из 85) и 100 % (85 из 85) соответственно. Наиболее выраженные различия между группами наблюдались на 40-й день после отела. Среди коров с субклиническим ацидозом рубца овуляция к этому сроку произошла у 94,7 %, тогда как у коров с субклиническим кетозом – лишь у 66,7 %, что свидетельствует о более глубоком угнетении гипоталамо-гипофизарно-яичниковой оси при кетозе.

На основе расчета атрибутивной доли риск развития субклинического кетоза, выявленный в исследовании, может объяснять значительную часть случаев послеродового анэструса – у 66 % коров с субклиническим кетозом анэструс сохранялся на 60-й день после отела по сравнению с 22 % у коров без данного заболевания. Это свидетельствует о том, что субклинический кетоз является одним из ключевых факторов задержки возобновления циклической активности в ранний послеродовой период.

Таблица 2. Частота овуляции и анэструса у коров в зависимости от метаболических нарушений (n = 124), (n/%)

Table 2. Frequency of ovulation and anestrus in cows depending on metabolic disorders (n = 124), (n/%)

Заболевание / Condition	Статус / Status	Всего в группе / Total in group	День 20 / Day 20	День 30 / Day 30	День 40 / Day 40	День 60 / Day 60	Анэструс на 60-й день / Anestrus at Day 60
Субклинический ацидоз / Subclinical acidosis	+	19	3/2,4	8 /6,5	18/14,5	19/15,3	0/0
	-	105	27/21,8	45/36,3	102/82,3	105/84,7	0/0
Субклинический кетоз / Subclinical ketosis	+	39	6/4,8	9/7,3	26/21,0	39/31,5	0/0
	-	85	24/19,4	44/35,5	84/67,7	85/68,5	0/0

Источник: составлено по результатам собственных исследований.

Source: compiled based on our own research.

В отличие от субклинического кетоза, субклинический ацидоз рубца, по-видимому, не оказывал столь выраженного влияния на развитие анэструса, поскольку частота овуляции у коров с этим нарушением к 40-му дню достигала 94,7 %, что лишь незначительно уступало показателям здоровых животных (таблица 2). Это может быть связано с тем, что субклинический ацидоз рубца, хотя и влияет на энергетический статус и воспалительные процессы в организме, не вызывает столь глубоких гормональных сдвигов, характерных для кетоза, который сопровождается повышением уровня кетоновых тел и прямым токсическим воздействием на гипоталамо-гипофизарно-яичниковую ось. При этом коровы с субклиническим кетозом могут демонстрировать более низкую пиковую активность эструса и более короткую продолжительность первого послеродового эструса, что приводит к задержке интервала между отелом и первым осеменением и, следовательно, к удлинению сервис-периода [8, с. 36].

Таблица 3. Риски беременности и потери эмбрионов у коров в зависимости от метаболических нарушений (n = 124), (n/%)

Table 3. Risks of pregnancy and embryo loss in cows depending on metabolic disorders (n = 124), (n/%)

Заболевание / Condition	Статус / Status	Всего в группе (n) / Total in group (n)	Беременность на 30-й день / Pregnancy at day 30	Потеря эмбриона (30–60 дней) / Embryo loss (30–60 days)	Беременность на 60-й день / Pregnancy at day 60
Субклинический ацидоз / Subclinical acidosis	+	19	7/38	3/14	5/24
	-	105	45/43	3/3%	42/40
Субклинический кетоз / Subclinical ketosis	+	39	12/31	3/7	9/23
	-	85	44/52	5/6%	39/47

Источник: составлено по результатам собственных исследований.

Source: compiled based on our own research.

Риск наступления беременности на 30-й и 60-й дни после осеменения также был ниже у коров с метаболическими расстройствами. Среди коров с субклиническим ацидозом рубца беременность на 30-й день после осеменения была зафиксирована у 38 % (7 из 19) животных, тогда как в группе без

данного заболевания этот показатель составил 43 % (45 из 105). Потеря эмбрионов в период с 30-го по 60-й день после осеменения у коров с субклиническим ацидозом рубца достигла 14 % (3 из 19), что значительно превышало аналогичный показатель у здоровых животных – всего 3 % (3 из 105). Вследствие этого к 60-му дню после осеменения беременность сохранялась лишь у 24 % (5 из 19) коров с субклиническим ацидозом рубца, тогда как у коров без данного нарушения – у 40 % (42 из 105). Аналогичная тенденция наблюдалась и при субклиническом кетозе: беременность на 30-й день после осеменения была диагностирована у 31 % (12 из 39) пораженных коров и у 52 % (44 из 85) здоровых животных. Потеря эмбрионов у коров с субклиническим кетозом составила 7 % (3 из 39), что было сопоставимо с показателем у коров без кетоза (6 %, 5 из 85). Однако к 60-му дню после осеменения беременность сохранилась лишь у 23 % (9 из 39) коров с субклиническим кетозом по сравнению с 47 % (39 из 85) у здоровых животных (таблица 3).

Установлено, что субклинический ацидоз рубца увеличивает вероятность потери эмбриона и снижает вероятность беременности как на 30-й, так и на 60-й день после осеменения. Предполагается, что у коров, страдающих субклиническим ацидозом рубца, различные факторы нарушают целостность желудочно-кишечного барьера, включая повреждение эпителия из-за кислого pH рубцового содержимого, пролиферацию эпителия рубцовых сосочков вследствие высокого содержания углеводов в рационе и повышенную осмоляльность рубцовой жидкости. При низком pH рубца лизис клеток грамотрицательных бактерий увеличивает концентрацию липополисахарида в рубцовом содержимом. Кроме того, содержание липополисахарида в рубце у коров с индуцированным высокозерновым рационом субклиническим ацидозом рубца значительно выше по сравнению с контрольными животными. Вследствие этого могут возникать отек и эрозия рубцовых сосочков, местное повреждение и воспаление, а также транслокация липополисахарида с развитием системной воспалительной реакции. Физиология тканей яичников напрямую изменяется под воздействием бактериальных эндотоксинов, таких как липополисахарид, провоспалительных цитокинов (интерлейкина-1 и фактора некроза опухолей альфа), а также других воспалительных медиаторов. Этот эффект проявляется в снижении преовуляторного выброса лютеинизирующего гормона, индуцированного эстрадиолом, уменьшении секреции гонадотропин-рилизинг-гормона и ослаблении реакции гипофиза на его импульсы. Клетки гранулезы могут запускать врожденный иммунный ответ против компонентов клеточной стенки бактерий, таких как липополисахарид, увеличивая окислительный стресс и экспрессию воспалительных медиаторов, что приводит к снижению качества ооцитов [9, с. 11].

Заключение

Установлено, что субклинический ацидоз рубца и субклинический кетоз, диагностируемые в первую неделю после отела, оказывают разнонаправленное негативное влияние на репродуктивную функцию молочных коров. Субклинический кетоз в большей степени ассоциирован с задержкой возобновления циклической активности яичников (анэструс на 60-й день у 66 % пораженных коров относительно 22 % у здоровых), тогда как субклинический ацидоз рубца оказывает более выраженное влияние на эмбриональную выживаемость (потеря эмбрионов 14 % относительно 3 % у здоровых), что приводит к снижению частоты беременности на 60-й день до 24 % относительно 40 % в группе без ацидоза. Многофакторный анализ не выявил значимого влияния субклинического кетоза на риск потери эмбрионов, что позволяет предположить, что его негативное действие реализуется преимущественно через нарушение овуляторных процессов и качества ооцитов.

Установлено, что переходное кормление в сухостойный период ассоциируется со снижением частоты послеродового анэструса, что указывает на его протективную роль в восстановлении репродуктивной функции. Высокая распространенность субклинического кетоза (31,5 %) и субклинического ацидоза рубца (15,3 %) в исследуемой популяции, а также их одновременное возникновение у 5,2 % коров свидетельствуют о необходимости пересмотра стратегий кормления в ранний послеродовой период.

Список источников

1. Анализ показателей углеводного и минерального обмена у коров голштинской породы / С. В. Енгашев, М. Д. Новак, А. И. Новак [и др.] // Ветеринария и кормление. 2025. № 3. С. 25-28. DOI 10.30917/ATF-VK-1814-9588-2025-3-4. – EDN GKVTJG.

2. Епифанов В. Г. Применение анионных солей в кормлении сухостойных коров молочного направления продуктивности // Кормопроизводство. 2021. № 10. С. 38-41. EDN HFYRFY.
3. Калюжный И. И., Пудовкин Н. А., Никулин И. А. Диагностика метаболических нарушений у высокопродуктивных коров // Аграрный научный журнал. 2024. № 5. С. 90-95. DOI 10.28983/asj.y2024i5pp90-95. – EDN CAUMKD.
4. Метаболический профиль крупного рогатого скота голштинской, суксунской и тагильской пород / А. Г. Исаева, А. И. Белоусов, О. В. Соколова [и др.] // Ветеринария. 2023. № 12. С. 49-54. DOI 10.30896/0042-4846.2023.26.12.49-54. – EDN WUUBEZ.
5. Наконечный А. А., Дыдыкина А. Л., Вязьминов А. О. Качество молока как дополнительная основа для ранней диагностики здоровья коров / А. А. Наконечный, // Молочная промышленность. 2022. № 11. С. 46-48. DOI 10.31515/1019-8946-2022-11-45-48. – EDN BEWWPR.
6. Профилактика нарушений обмена веществ у скота / А. Батраков, К. Племяшов, О. Крячко [и др.] // Животноводство России. 2021. № 11. С. 36-38. – EDN MSHADM.
7. Требухов А. В. Некоторые показатели обмена веществ в околоотельном периоде у молочных коров при ацетонемии // Инновации и продовольственная безопасность. 2022. № 2(36). С. 66-71. DOI 10.31677/2311-0651-2022-36-2-66-71. – EDN YMBEDS.
8. Хамитова Л. Ф., Ильина А. Н. Анализ сохранности репродуктивных качеств крупного рогатого скота // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 3(71). С. 35-42. DOI 10.48012/1817-5457_2022_3_35-42. – EDN EGOKZK.
9. Хоменко Р. М., Семенов Б. С., Кузнецова Т. Ш. Влияние кормовых добавок, используемых для коррекции метаболических процессов в рубце, на биохимические показатели крови у коров после отела // Генетика и разведение животных. 2021. № 2. С. 10-15. DOI 10.31043/2410-2733-2021-2-10-15. – EDN QMCCYG.

References

1. Engashev SV, Novak MD, Novak AI, et al. Analysis of indicators of carbohydrate and mineral metabolism holstein cows. *Veterinaria i kormlenie*. 2025;(3):25-8. (In Russ.). Available from: <https://doi.org/10.30917/ATT-VK-1814-9588-2025-3-4>. EDN: GKVTJG.
2. Epifanov VG. Anionic salts in dry cow feeding. *Kormoproizvodstvo*. 2021;(10):38-41. EDN: HFYRFY.
3. Kalyuzhny II, Pudovkin NA., Nikulin IA. Diagnosis of metabolic disorders in highly productive cows. *The Agrarian Scientific Journal*. 2024;(5):90-5. (In Russ.). Available from: <https://doi.org/10.28983/asj.y2024i5pp90-95>. EDN: CAUMKD.
4. Isaeva AG, Belousov AI, Sokolova OV, et al. Metabolic differences of holstein, suksun and tagil cattle populations. *Veterinary medicine*. 2023;(12):49-54. (In Russ.). Available from: <https://doi.org/10.30896/0042-4846.2023.26.12.49-54>. EDN: WUUBEZ.
5. Nakonechny AA, Dydykina AL, Vyazminov AO. Milk quality as an additional basis for early diagnosis of cows health. *Dairy industry*. 2022;(11):46-8. (In Russ.). Available from: <https://doi.org/10.31515/1019-8946-2022-11-45-48>. EDN: BEWWPR.
6. Batrakov A, Plemashov K, Kryachko O, et al. Prevention of metabolic disorders in cattle. [*Animal Husbandry of Russia*]. 2021;(11):36-8. (In Russ.). EDN: MSHADM.
7. Trebukhov AV. Some metabolic parameters in dairy cows during the period close to calving under acetonemia. *Innovations and food security*. 2022;2(36):66-71. (In Russ.). Available from: <https://doi.org/10.31677/2311-0651-2022-36-2-66-71>. EDN: YMBEDS.
8. Khamitova LF, Ilyina AN. Analysis of cattle fertility preservation. *The Bulletin of Izhevsk State Agricultural Academy*. 2022;3(71):35-42. (In Russ.). Available from: https://doi.org/10.48012/1817-5457_2022_3_35-42. EDN: EGOKZK.
9. Khomenko R, Semenov B, Kuznetsova T. The influence of feed additives used to correct metabolic processes in the rumen cows to biochemical indicators of blood from after calving. *Genetics and Animal Breeding*. 2021;(2):10-5. (In Russ.). Available from: <https://doi.org/10.31043/2410-2733-2021-2-10-15>. EDN: QMCCYG.

Информация об авторах

И. В. Воротнева – аспирант кафедры «Морфология, патология животных и биология»;

Н. А. Пудовкин – доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой «Морфология, патология животных и биология».

Вклад авторов

Воротнева И. В. – проведение исследований; сбор и обработка данных; написание исходного текста; итоговые выводы.

Пудовкин Н. А. – научное руководство; концепция исследования; развитие методологии; доработка текста; итоговые выводы.

Конфликт интересов

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

Статья поступила в редакцию 25.07.2026; одобрена после рецензирования 10.09.2026; принята к публикации 15.09.2026.

Information about the authors

I. V. Vorotneva – postgraduate researcher, Department of Morphology, Animal Pathology and Biology;

N. A. Pudovkin – DSc (Biology), Professor, Head of the Department of Morphology, Animal Pathology and Biology.

Contribution of the authors

Vorotneva I. V. – conducting research; data collection and processing; writing the draft; final conclusions.

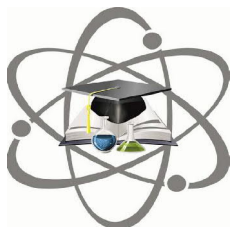
Pudovkin N. A. – scientific management; research concept; methodology development; follow-on revision of the text; final conclusions.

Contribution of the authors

All authors have contributed equally to this article. The authors declare that there is no conflict of interest.

The article was submitted to the editorial office on 25.07.2026; approved after review 10.09.2026; accepted for publication 15.09.2026.





БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

БИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ

Научная статья

УДК 582.734.4; 574.3

https://doi.org/10.54258/20701047_2026_63_3_76**Виталитетная структура и дифференцирующие морфологические признаки ценопопуляций *Fragaria viridis* (Duchesne) Weston и *Fragaria vesca* L. в Южной Сибири**

Анастасия Анатольевна Харченко^{1✉}, Любовь Юрьевна Новикова²,
Владимир Александрович Марушевский³

^{1,2,3}Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова,
Санкт-Петербург, Россия

¹akkhara47@yandex.ru✉, <https://orcid.org/0000-0002-3983-0082>

²novikova@vir.nw.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4051-3671>

³v.marushevskiy@vir.nw.ru, <https://orcid.org/0009-0005-4351-6896>

Аннотация. Возрастающая нестабильность условий произрастания, вызванная комплексом природных и антропогенных факторов, повышает значимость исследований, направленных на выявление видов и локальных популяций. Проведена сравнительная оценка виталитетной структуры и морфометрической дифференциации ценопопуляций (ЦП) *Fragaria viridis* (Duchesne) Weston и *F. vesca* L. на территории Южной Сибири. В 2024 году изучены 35 ЦП: 24 *F. viridis* и 11 *F. vesca*. Для молодых генеративных особей измеряли 20 биоморфометрических параметров, отражающих размеры растения, состояние листового аппарата, интенсивность вегетативного размножения, генеративную продуктивность и развитие дочерних розеток. Факторный анализ выявил, что у обоих видов структура изменчивости определяется тремя блоками признаков: вегетативным размножением, размером материнской особи и генеративной продуктивностью. У *F. viridis* первые три компонента объясняют 65,7 % общей изменчивости, у *F. vesca* – 84,7 %, что указывает на более высокую морфологическую интегрированность последнего вида. Оценка по критерию Q и индексу IQ выявила различия в жизненном состоянии ЦП. При использовании модели «высота особи - число дочерних розеток» у

F. viridis установлено 10 процветающих, 13 депрессивных и 1 равновесная ЦП, тогда как у *F. vesca* – 3 процветающие и 8 депрессивных. Модель, основанная на генеративной продуктивности, показала более высокую долю депрессивных состояний, особенно у *F. vesca*. Наиболее информативным для сравнительной оценки виталитета признан комплекс признаков, объединяющий высоту особи и число дочерних розеток, поскольку он отражает общий рост и эффективность вегетативного самоподдержания. Полученные результаты имеют прикладное значение для отбора популяций с повышенным адаптационным потенциалом, а также будут полезны для сохранения и рационального использования генофонда рода *Fragaria*.

Ключевые слова: *Fragaria viridis*, *Fragaria vesca*, виталитет, ценопопуляция, морфометрические признаки, вегетативное размножение

Благодарности: работа выполнена в рамках НИР «Исследование биоресурсов в пространственном и временном аспекте с применением современных цифровых и генетических технологий» (№ FGEM-2024-0002).

Для цитирования: Новикова Л.Ю., Харченко А.А., Марушевский В.А. Виталитетная структура и дифференцирующие морфологические признаки ценопопуляций *Fragaria viridis* (Duchesne) Weston и *F. vesca* L. в Южной Сибири // Известия Горского государственного аграрного университета. 2026. Т. 63, № 3. С. 76-89. https://doi.org/10.54258/20701047_2026_63_3_76

Scientific article

Vitality structure and differentiating morphological traits of coenopopulations of *Fragaria viridis* (Duchesne) Weston and *Fragaria vesca* L. in Southern Siberia

Anastasia A. Kharchenko^{1✉}, Liubov Yu. Novikova², Vladimir A. Marushevsky³

^{1,2,3}N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, Saint Petersburg, Russia

¹akkhara47@yandex.ru✉, <https://orcid.org/0000-0002-3983-0082>

²l.novikova@vir.nw.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4051-3671>

³v.marushevskiy@vir.nw.ru, <https://orcid.org/0009-0005-4351-6896>

Abstract. The increasing instability of growing conditions caused by a combination of natural and anthropogenic factors heightens the importance of research aimed at identifying species and local populations. A comparative assessment of vitality structure and morphometric differentiation was performed for *Fragaria viridis* (Duchesne) Weston and *F. vesca* L. coenopopulations (CP) in South Siberia. In 2024, 35 CP were studied: 24 of *F. viridis* and 11 of *F. vesca*. Twenty biomorphometric parameters were measured in generative plants, including the size of the maternal plant, leaf apparatus, intensity of vegetative propagation, generative productivity, and development of daughter rosettes. Factor analysis showed that, in both species, variability was determined by three character blocks: vegetative propagation, maternal plant size, and generative productivity. In *F. viridis*, the first three components explained 65.7 % of the total variability, whereas in *F. vesca* they explained 84.7 %, indicating higher morphological integration in the latter species. Assessment using the Q criterion and IQ index revealed differences in the vitality state of the CP. In the model based on plant height and number of daughter rosettes, *F. viridis* included 10 thriving, 13 depressive, and 1 equilibrium CP, while *F. vesca* included 3 thriving and 8 depressive CP. The model based on generative productivity showed a higher proportion of depressive states, especially in *F. vesca*. The combination of plant height and number of daughter rosettes is considered the most informative for comparative vitality assessment, as it reflects both overall plant growth and the efficiency of vegetative self-maintenance. The obtained results have applied significance for the selection of populations with increased adaptive potential and will be useful for the conservation and rational use of the *Fragaria* genus gene pool.

Keywords: *Fragaria viridis*, *Fragaria vesca*, vitality, coenopopulation, morphometric characters, vegetative propagation

Acknowledgment: the work was carried out within the framework of the research project (№ FGEM-2024-0002) “Study of bioresources regarding spatiotemporal aspects using modern digital and genetic technologies.

For citation: Kharchenko AA, Novikova LYu, Marushevsky VA. Vitality structure and differentiating morphological traits of coenopopulations of *Fragaria viridis* (Duchesne) Weston and *Fragaria vesca* L. in Southern Siberia. *Proceedings of Gorsky State Agrarian University*. 2026;63(Pt3):76-89. (In Russ.). Available from: https://doi.org/10.54258/20701047_2026_63_3_76

Введение. Земляника садовая (*Fragaria* × *anannassa* (Weston) Duchesne ex Rozier) является ведущей ягодной культурой в мире и представляет собой гибрид двух октоплоидных американских видов *F. chiloensis* (L.) Mill. и *F. virginiana* (Duchesne) Mill. [1-3]. Генофонд рода *Fragaria* L., представленный видами с более низкой плоидностью, чем октоплоиды, в настоящее время остается недостаточно исследованным, и как следствие, не участвует в селекции [4-6]. В России произрастают 8 видов рода *Fragaria*, из них самое широкое распространение имеют диплоиды *F. viridis* (Duchesne) Weston и *F. vesca* L.

Возрастающая нестабильность условий произрастания, вызванная комплексом природных и антропогенных факторов, повышает значимость исследований, направленных на выявление видов и локальных популяций, сохраняющих устойчивость и морфологическую пластичность в широком диапазоне местообитаний [7]. Для диких родичей культурных растений такая оценка имеет не только теоретическое, но и прикладное значение: она позволяет выделять популяции с повышенным адаптационным потенциалом и определять признаки, наиболее чувствительные к условиям среды. Выявление внутривидового полиморфизма является важной частью изучения и сохранения биологических ресурсов.

Жизненное состояние растений, оцениваемое с опорой на морфометрические параметры, отражающие рост и продуктивность, было предложено называть виталитетом [8; 9]. Для выявления диагностического комплекса ключевых индикаторных признаков в общей морфологической структуре применяется факторный анализ, позволяющий определить биологическую значимость отдельных морфометрических показателей через оценку степени их влияния на выделяемые факторы [8]. Этот метод успешно использован при анализе структуры ценопопуляций (ЦП) различных видов растений [10–13].

Виды рода *Fragaria* L. характеризуются сочетанием семенного и вегетативного способов самоподдержания. Вегетативное размножение с помощью столонов является одним из ключевых механизмов локального возобновления и закрепления особей в ценозе. Для столонообразующих земляник соотношение этих способов имеет диагностическое значение: генеративная сфера отражает текущую репродуктивную продуктивность, тогда как освоение новых территорий, восстановление деградированных ЦП у земляники происходит за счет вегетативного размножения [14]. Исследования *F. orientalis* Losinsk. показали, что морфометрические признаки могут эффективно использоваться для оценки виталитета, изменчивости, онтогенетических тактик и стратегий выживания у представителей рода *Fragaria* [10; 11].

Для *F. viridis* и *F. vesca* в Южной Сибири сравнительная оценка виталитетной структуры особенно важна, поскольку эти виды различаются по экологической приуроченности: *F. viridis* тяготеет преимущественно к открытым, часто остепнённым местообитаниям, то *F. vesca* на юге Сибири чаще приурочена к лесным опушкам и затенённым участкам, где нередко соседствует с *F. viridis* [15].

В предыдущих исследованиях нами был определён индекс виталитета 35 ЦП (24 – *F. viridis*, 11 – *F. vesca*), а также для каждого из двух видов рассчитан индекс размерной пластичности [15]. В данной работе мы дополнительно проанализировали фенотипическое разнообразие ресурсов дикой земляники Южной Сибири с использованием методов факторного анализа и виталитетного подхода.

Цель исследования состояла в сравнительном анализе виталитетной структуры ЦП *F. viridis* и *F. vesca* и выявлении морфологических признаков, наиболее существенно дифференцирующих популяции этих видов в условиях Южной Сибири. Полученные результаты имеют прикладное значение для отбора популяций с повышенным адаптационным потенциалом, а также будут полезны для сохранения и рационального использования генофонда рода *Fragaria*.

Материалы и методы. В 2024 году на территории Южной Сибири были изучены 24 ЦП *F. viridis* и 11 *F. vesca* (рис. 1).

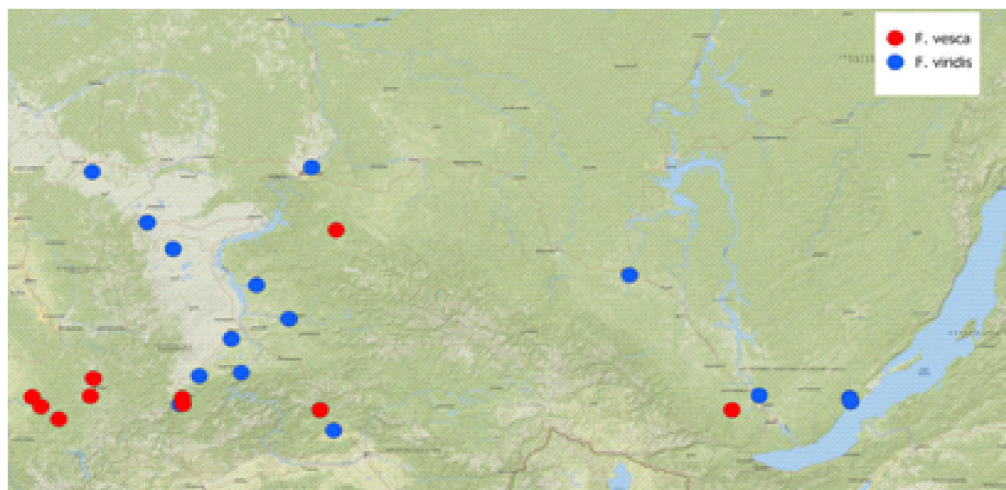


Рис. 1. Локалитеты исследованных ценопопуляций
Fig. 1. Localities of the studied coenopopulations

Источник: составлено авторами по результатам собственных исследований.

Source: compiled by the authors based on the results of their own research.

В каждой ЦП были отобраны молодые генеративные особи: 30 особей в крупных ЦП или все доступные особи в малых [16]. Для каждой особи было измерено 20 биоморфометрических параметров, включающих:

- Признаки вегетативных органов: высота особи, число живых и мертвых листьев, длина черешка, длина и ширина листовой пластинки максимального тройчатосложного листа, число зубцов на его конечном листочке.
- Признаки вегетативного размножения: число столонов на особи, общая длина всех столонов, длина максимального столона, число розеток на нем, число ювенильных и имматурных розеток на максимальном столоне, количество дочерних розеток на особи.
- Признаки генеративных органов: число генеративных побегов, высота максимального генеративного побега, число ложных плодов на максимальном генеративном побеге, общее число ложных плодов на особи.
- Признаки дочерних розеток: высота максимальной розетки, число ее листьев.

Виталитетный тип ЦП определялся с использованием критерия Q [17]: процветающие ЦП: $Q = 1/2(a + b) > c$; равновесные ЦП: $Q = 1/2(a + b) = c$ и депрессивные ЦП: $Q = 1/2(a + b) < c$.

Для более детальной количественной оценки степени процветания или депрессии применялся индекс $IQ = (a + b)/2c$ для случаев, когда при сравнении ряда ЦП в отдельных из них с равно нулю $IQ = (a+b)/(2(c+1))$ [16]. Значение индекса, равное единице, соответствует равновесному состоянию ЦП. Соответственно, значения $IQ > 1$ характеризуют процветающее состояние, а $IQ < 1$ – депрессивное. При этом степень отклонения значения индекса от единицы прямо указывает на интенсивность процессов процветания или депрессии.

Для выявления комплексов признаков, определяющих различия между ЦП, был проведен факторный анализ средних значений морфометрических параметров методом главных компонент. Расчёты выполняли раздельно для *F. viridis* и *F. vesca*, что позволило сопоставить структуру изменчи-

ности двух видов без смешения межвидовых различий с внутривидовой вариабельностью. Число значимых факторов определяли по критерию «каменистой осыпи». При интерпретации факторов учитывали признаки с наибольшими факторными нагрузками, связывая их с размером материнской особи, интенсивностью столонообразования, развитием дочерних розеток и генеративной продуктивностью.

Виталитетную структуру оценивали с использованием двух двухмерных моделей. Первая модель включала параметры «высота особи – число дочерних розеток на особи» и отражала сочетание размерного развития материнского растения с эффективностью вегетативного самоподдержания. Вторая модель включала параметры «высота особи – число ложных плодов на особи» и характеризовала связь размерного развития материнской особи с текущей генеративной продуктивностью. Сопоставление двух моделей позволило раздельно оценить вегетативный и генеративный компоненты жизненного состояния ЦП и определить, какой комплекс признаков является более репрезентативным для сравнительной оценки виталитета *F. viridis* и *F. vesca* в условиях Южной Сибири.

Первичную обработку данных, расчёт средних значений, построение таблиц и графиков выполняли в Microsoft Excel. Факторный анализ проводили в программе Statistica 13.3.

Результаты исследования. Факторный анализ средних значений морфометрических параметров ЦП *F. viridis* позволил выделить три главные компоненты, объясняющие 65,7 % общей вариабельности (табл. 1). Первый фактор (28,7 %) объединяет признаки интенсивности вегетативного размножения: число столонов на особи, число розеток на максимальном столоне, число имматурных розеток, число дочерних розеток на особи и число листьев на максимальной розетке. Второй фактор (25,1 %) характеризует размеры материнской особи: высоту растения, длину черешка, длину и ширину листовой пластинки, длину максимального столона и высоту генеративного побега. Третий фактор (11,9 %) связан преимущественно с генеративной продуктивностью и включает число ложных плодов на максимальном генеративном побеге и общее число ложных плодов на особи.

У *F. viridis* первый фактор отрицательно связан с размерными признаками материнской особи, тогда как второй фактор имеет отрицательную связь с числом ложных плодов. Следовательно, в структуре изменчивости вида обособляются три относительно самостоятельных блока: интенсивность вегетативного размножения, размер материнской особи и генеративная продуктивность.

Для *F. vesca* исходные морфометрические параметры также могут быть сведены к трем факторам, однако их суммарная объясненная дисперсия выше и составляет 84,7 % (табл. 2). Первый фактор (43,9 %) отражает размеры материнской особи и связанные с ними параметры вегетативного размножения: длину и ширину листа, число зубцов, высоту особи, длину черешка, длину максимального столона, число розеток на максимальном столоне, высоту максимальной розетки и число листьев на ней. Второй фактор (27,7 %) в большей степени характеризует число дочерних розеток на особи и число живых листьев, а также имеет положительную связь с высотой генеративного побега и числом ложных плодов. Третий фактор (13,2 %) объединяет число мертвых листьев и показатели генеративной сферы.

У *F. vesca* корреляционные связи между параметрами выражены сильнее, чем у *F. viridis*. Более высокая доля дисперсии, объясняемая первыми тремя факторами, указывает на большую морфологическую интегрированность вида. Одновременно выявлены отрицательные связи между рядом признаков вегетативного и генеративного блоков, что может отражать перераспределение ресурсов между ростом, столонообразованием и плодоношением.

Факторный анализ показал, что у обоих видов структуру ценопопуляционной изменчивости определяют сходные функциональные блоки признаков: вегетативное размножение, размер материнской особи и генеративная продуктивность. Различия между видами заключаются не в составе этих блоков, а в силе их взаимосвязей и в доле общей изменчивости, объясняемой первыми компонентами.

Оценка виталитетной структуры по двум моделям выявила различия между видами и показала зависимость итоговой классификации ЦП от выбранного комплекса признаков (табл. 3, 4; рис. 2, 3). При оценке по сочетанию «высота особи - число дочерних розеток» у *F. viridis* установлено 10 процветающих, 13 депрессивных и 1 равновесная ЦП. Наиболее высокие значения IQ отмечены в ЦП 9,

18 и 27 (IQ = 50), где отсутствовали особи низшего класса виталитета. ЦП 30 также характеризовалась высоким уровнем жизненности (IQ = 3,25). При оценке по сочетанию «высота особи - число ложных плодов» у *F. viridis* выявлено 10 процветающих и 14 депрессивных ЦП; равновесные состояния по этой модели не установлены.

Таблица 1. Факторные нагрузки главных компонент *F. viridis* (Duchesne) Weston

Table 1. Factor loadings of the principal components of *F. viridis* (Duchesne) Weston

Биоморфологический параметр / Biomorphological parameter	Factor 1	Factor 2	Factor 3
Высота особи / Individual height	-0.380	0.805	0.264
Число живых листьев / Number of living leaves	0.464	-0.198	0.058
Число мертвых листьев / Number of dead leaves	0.354	-0.208	0.455
Длина черешка / Petiole length	-0.413	0.839	0.195
Длина листовой пластинки максимального по размеру тройчатосложного листа / Length of the leaf blade of the largest trifoliate leaf	-0.225	0.786	0.166
Ширина листовой пластинки максимального по размеру тройчатосложного листа / Lamina width of the largest trifoliate leaf	-0.122	0.712	0.193
Число зубцов на переднем листочке максимального по размеру тройчатосложного листа / Number of teeth on the anterior leaflet of the largest trifoliate leaf	-0.142	0.510	0.011
Число столонов на особи / Number of stolons per individual	0.849	-0.070	0.121
Общая длина всех столонов / Total length of all stolons	0.748	0.560	-0.060
Длина максимального столона / Length of the largest stolon	0.249	0.774	-0.149
Число розеток на максимальном столоне / Number of rosettes on the largest stolon	0.927	0.161	0.097
Число имматурных розеток на максимальном столоне / Number of immature rosettes on the largest stolon	0.768	0.202	0.155
Число дочерних розеток на особи / Number of daughter rosettes per individual	0.964	0.086	0.060
Высота максимальной розетки / Height of the largest rosette	0.065	0.492	-0.155
Число листьев на максимальной розетке / Number of leaves on the largest rosette	0.929	0.083	0.028
Число генеративных побегов / Number of generative shoots	-0.328	-0.236	0.461
Высота максимального генеративного побега / Height of the largest generative shoot	-0.014	0.692	0.351
Число ложных плодов на максимальном генеративном побеге / Number of aggregate accessory fruit on the largest generative shoot	0.005	-0.217	0.824
Число ложных плодов на особи / Number of aggregate accessory fruit per individual	-0.108	-0.364	0.875
Объясненная дисперсия / Explained variance	5.449	4.773	2.265
Доля от общей дисперсии / Proportion of total	0.287	0.251	0.119

Источник: составлено авторами по результатам собственных исследований.

Source: compiled by the authors based on the results of their own research.

Таблица 2. Факторные нагрузки главных компонент *Fragaria vesca* L.
Table 2. Factor loadings of the principal components of *Fragaria vesca* L.

Биоморфологический параметр / Biomorphological parameter	Factor 1	Factor 2	Factor 3
Высота особи / Individual height	-0.753	0.626	-0.170
Число живых листьев / Number of living leaves	0.162	-0.757	0.054
Число мертвых листьев / Number of dead leaves	0.101	-0.134	0.949
Длина черешка / Petiole length	-0.764	0.543	-0.274
Длина листовой пластинки максимального по размеру тройчатосложного листа / Length of the leaf blade of the largest trifoliate leaf	-0.866	0.349	-0.188
Ширина листовой пластинки максимального по размеру тройчатосложного листа / Lamina width of the largest trifoliate leaf	-0.827	0.422	-0.165
Число зубцов на переднем листочке максимального по размеру тройчатосложного листа / Number of teeth on the anterior leaflet of the largest trifoliate leaf	-0.751	0.266	0.042
Число столонов на особи / Number of stolons per individual	-0.713	-0.245	0.114
Общая длина всех столонов / Total length of all stolons	-0.773	-0.455	0.284
Длина максимального столона / Length of the largest stolon	-0.831	-0.389	0.219
Число розеток на максимальном столоне / Number of rosettes on the largest stolon	-0.791	-0.569	0.094
Число имматурных розеток на максимальном столоне / Number of immature rosettes on the largest stolon	-0.660	-0.644	-0.120
Число дочерних розеток на особи / Number of daughter rosettes per individual	-0.679	-0.701	0.095
Высота максимальной розетки / Height of the largest rosette	-0.842	0.136	0.210
Число листьев на максимальной розетке / Number of leaves on the largest rosette	-0.825	-0.417	0.146
Число генеративных побегов / Number of generative shoots	0.452	0.159	0.748
Высота максимального генеративного побега / Height of the largest generative shoot	-0.348	0.852	0.013
Число ложных плодов на максимальном генеративном побеге / Number of aggregate accessory fruit on the largest generative shoot	-0.324	0.787	0.362
Число ложных плодов на особи / Number of aggregate accessory fruit per individual	-0.120	0.631	0.713
Объясненная дисперсия / Explained variance	8.337	5.258	2.508
Доля от общей дисперсии / Proportion of total	0.439	0.277	0.132

Источник: составлено авторами по результатам собственных исследований.

Source: compiled by the authors based on the results of their own research.

Для *F. vesca* преобладает депрессивный тип состояния. При оценке по модели «высота особи – число дочерних розеток» к процветающим отнесены 3 ЦП (10, 31 и 34), к депрессивным – 8 ЦП. При использовании модели «высота особи – число ложных плодов» процветающей остается только ЦП 31, тогда как 10 ЦП переходят в депрессивный тип. Наиболее низкие значения IQ по первой модели отмечены в ЦП 33 (0,07), 32 (0,08) и 13 (0,10), по второй модели - в ЦП 32 и 33 (0,12).

Таблица 3. Характеристики жизненности особей и виталитетного типа ЦП *F. viridis* (Duchesne) Weston в Южной Сибири в 2024 г. в зависимости от типа размножения

Table 3. Vitality characteristics and vitality types of *F. viridis* (Duchesne) Weston coenopopulations in South Siberia in 2024 depending on reproduction type

Двухмерный метод по факторам - высота особи-число дочерних розеток на особи/высота особи-число ложных плодов на особи / Two-dimensional method by factors - individual height - number of daughter rosettes per individual/individual height - number of aggregate accessory fruit per individual						
Популяция / Population №	a	b	c	Q	Виталитетный тип / Vitality type	Iq
1	2	3	4	5	6	7
1	17/8	25/42	58/50	20,83/25	депрессивная/депрессивная depressive/depressive	0,36/0,5
2	0/0	75/75	25/25	37,5/37,5	процветающая/процветающая prosperous/prosperous	1,5/1,5
3	0/0	0/100	100/0	0/50	депрессивная/процветающая depressive/prosperous	0/50
4	50/50	25/25	25/25	37,5/37,5	процветающая/процветающая prosperous/prosperous	1,5/1,5
5	0/50	25/0	75/50	12,5/25	депрессивная/депрессивная depressive/depressive	0,17/0,5
6	20/40	40/40	40/20	30/40	депрессивная/процветающая depressive/prosperous	0,75/2
8	44/44	11/33	44/22	27,77/38,88	депрессивная/процветающая depressive/prosperous	0,63/1,75
9	38/75	63/25	0/0	50/50	процветающая/процветающая prosperous/prosperous	50/50
11	0/32	56/40	44/28	28/36	депрессивная/процветающая depressive/prosperous	0,64/1,29
12	9/0	9/9	82/91	9,09/4,54	депрессивная/депрессивная depressive/depressive	0,11/0,05
14	27/27	18/18	55/55	22,72/22,72	депрессивная/депрессивная depressive/depressive	0,42/0,42
15	0/0	0/0	100/100	0/0	депрессивная/депрессивная depressive/depressive	0/0
16	0/0	14/14	86/86	7,14/7,14	депрессивная/депрессивная depressive/depressive	0,08/0,08
17	0/10	14/24	86/66	6,89/17,24	депрессивная/депрессивная depressive/depressive	0,08/0,26
18	33/0	67/0	0/100	50/0	процветающая/депрессивная prosperous/depressive	50/0
19	0/0	82/0	18/100	40,9/0	процветающая/депрессивная prosperous/depressive	2,25/0
21	11/0	44/11	44/89	27,77/5,55	депрессивная/депрессивная depressive/depressive	0,63/0,06

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7
24	4/77	77/19	19/4	40,38/48,07	процветающая/процветающая prosperous/prosperous	2,1/12,5
25	13/0	63/63	25/38	37,5/31,25	процветающая/депрессивная prosperous/depressive	1,5/0,83
26	14/14	14/29	71/57	14,28/21,42	депрессивная/депрессивная depressive/depressive	0,2/0,38
27	60/10	40/20	0/70	50/15	процветающая/депрессивная prosperous/depressive	50/0,21
28	18/29	65/53	18/18	41,17/41,17	процветающая/процветающая prosperous/prosperous	2,33/2,33
29	67/20	0/40	33/40	33,33/30	равновесная/депрессивная equilibrium/depressive	1/0,75
30	20/27	67/67	13/7	43,33/46,66	процветающая/процветающая prosperous/prosperous	3,25/7

Примечание: В числителе приведены значения для модели «высота особи - число дочерних розеток», в знаменателе - для модели «высота особи - число ложных плодов».

Note: The numerator shows the values for the «individual height - number of daughter rosettes» model, and the denominator shows the values for the «individual height - number of aggregate accessory fruit» model.

Источник: составлено авторами по результатам собственных исследований.

Source: compiled by the authors based on the results of their own research.

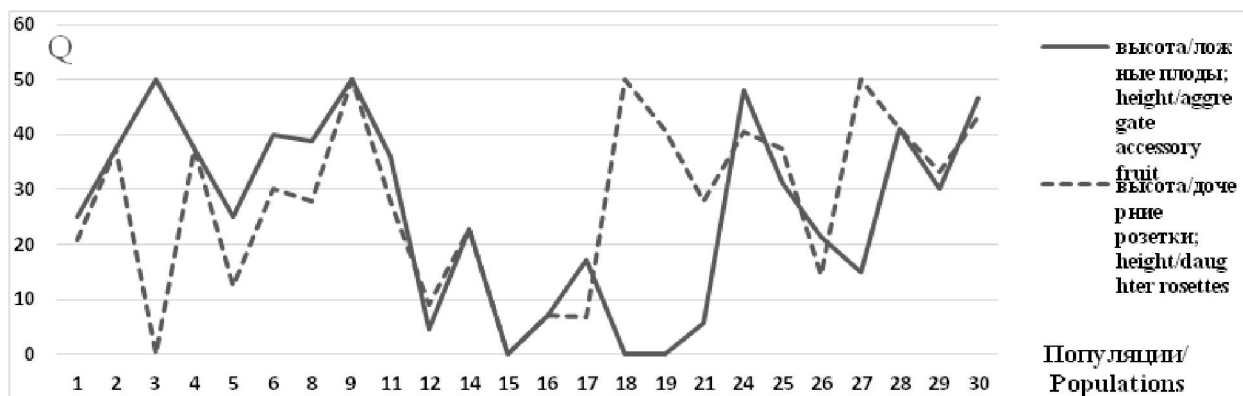


Рис. 2. Изменение индекса Q в ЦП *F. viridis* (Duchesne)

Weston при двух вариантах двухмерной оценки виталитета

Fig. 2. Changes in the Q index in *F. viridis* (Duchesne) Weston coenopopulations under two variants of two-dimensional vitality assessment

Источник: составлено авторами по результатам собственных исследований.

Source: compiled by the authors based on the results of their own research.

Обсуждение. Выполненный анализ подтверждает диагностическую значимость морфометрического подхода при оценке состояния природных ЦП. Виталитетная разнокачественность особей отражает степень реализации ростовых и репродуктивных процессов в конкретных условиях среды [8; 16]. В настоящем исследовании это проявилось в различной информативности двух оценочных

моделей. Комплекс «высота особи – число дочерних розеток» характеризует не только размерное развитие материнского растения, но и способность ЦП к локальному вегетативному самоподдержанию. Модель «высота особи – число ложных плодов» в большей степени отражает текущую генеративную продуктивность и потому может быть более чувствительной к условиям конкретного вегетационного сезона.

Таблица 4. Характеристики жизненности особей и виталитетного типа ЦП *F. vesca* L. в Южной Сибири в 2024 г. в зависимости от типа размножения /

Table 4. Vitality characteristics and vitality types of *F. vesca* L. coenopopulations in South Siberia in 2024 depending on reproduction type

Двухмерный метод по факторам - высота особи-число дочерних розеток на особи / высота особи-число ложных плодов на особи / Two-dimensional method by factors - individual height - number of daughter rosettes per individual / individual height - number of aggregate accessory fruit per individual						
Популяция/ Population №	a	b	c	Q	Виталитетный тип / Vitality type	Iq
7	36/9	9/18	55/73	22,73/13,63	депрессивная/депрессивная depressive/depressive	0,42/0,19
10	73/9	27/45	0/45	50/27,27	процветающая/депрессивная prosperous/depressive	50/0,6
13	0/8	17/17	83/75	8,33/12,5	депрессивная/депрессивная depressive/depressive	0,1/0,17
20	13/38	13/13	75/50	12,5	депрессивная/депрессивная depressive/depressive	0,17/0,5
22	25/0	25/25	50/75	25/12,5	депрессивная/депрессивная depressive/depressive	0,5/0,17
23	14/0	50/36	36/64	32,14/17,85	депрессивная/депрессивная depressive/depressive	0,9/0,28
31	33/20	53/53	13/27	43,33/36,66	процветающая/процветающая prosperous/prosperous	3,25/1,38
32	0/0	14/29	86/71	7,14/14,28	депрессивная/депрессивная depressive/depressive	0,08/0,12
33	0/0	13/19	88/81	6,25/9,38	депрессивная/депрессивная depressive/depressive	0,07/0,12
34	70/10	10/50	20/40	40/30	процветающая/депрессивная prosperous/depressive	2/0,75
35	42/33	17/25	42/42	29,17/29,16	депрессивная/депрессивная depressive/depressive	0,7/0,7

Примечание: В числителе приведены значения для модели «высота особи - число дочерних розеток», в знаменателе - для модели «высота особи - число ложных плодов».

Note: The numerator shows the values for the «individual height - number of daughter rosettes» model, and the denominator shows the values for the «individual height - number of aggregate accessory fruit» model.

Источник: составлено авторами по результатам собственных исследований.

Source: compiled by the authors based on the results of their own research.

Сопоставление с опубликованными данными по другим видам показывает, что соотношение процветающих и депрессивных ЦП не является постоянным видовым признаком. Оно зависит от спектра освоенных местообитаний, погодной ситуации и выбранного комплекса морфометрических

параметров [12; 13]. В связи с этим при интерпретации виталитетной структуры необходимо разделять признаки, отражающие устойчивое состояние ЦП, и признаки, чувствительные к краткосрочным флуктуациям среды. Полученные данные позволяют рассматривать число дочерних розеток как более устойчивый индикатор ценопопуляционного статуса, тогда как число ложных плодов целесообразно использовать как показатель состояния генеративной сферы.

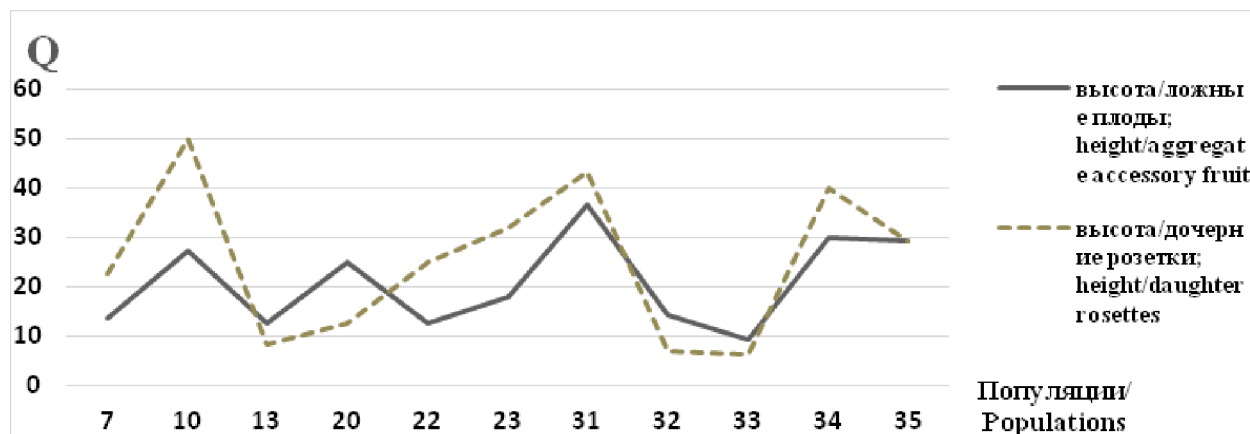


Рис. 3. Изменение индекса Q в ЦП *F. vesca* L. при двух вариантах двухмерной оценки виталитета
Fig. 3. Changes in the Q index in *F. vesca* L. coenopopulations under two variants of two-dimensional vitality assessment

Источник: составлено авторами по результатам собственных исследований.

Source: compiled by the authors based on the results of their own research.

Существенные различия между видами выявлены по структуре факторного пространства. У *F. viridis* первые три фактора объясняют 65,7 % общей дисперсии, тогда как у *F. vesca* – 84,7 %. Более высокая доля объяснённой дисперсии у *F. vesca* указывает на большую согласованность варьирования признаков и более выраженную морфологическую интегрированность особей. Такая интегрированность может поддерживать стабильность фенотипа в оптимальных условиях, однако при изменении условий среды она, вероятно, ограничивает разнообразие морфологических ответов. Это согласуется с тем, что 72,7 % ЦП *F. vesca* по вегетативной модели отнесены к депрессивному типу. У *F. viridis* структура изменчивости менее жёсткая, что, по-видимому, обеспечивает более широкий спектр морфологических реакций на неоднородность местообитаний: доля процветающих ЦП у данного вида составляет 41,7 %, а депрессивных – 54,2 %.

Анализ фитоценотической приуроченности виталитетных типов дополнительно подтверждает различия между видами. Процветающие ЦП *F. viridis* чаще связаны с открытыми и полукрытыми местообитаниями степного и лугового характера, где достаточная освещённость и наличие свободного пространства способствуют столонообразованию. У *F. vesca* процветающие ЦП выявлены только в трёх локалитетах из одиннадцати и приурочены к высокотравным березнякам либо нарушенным опушечным участкам. В условиях сомкнутых хвойных и смешанных лесов, галечниковых берегов и переувлажнённых местообитаний ЦП *F. vesca* в пределах обследованной выборки не выходили за рамки депрессивного типа. Таким образом, *F. vesca* демонстрирует более ограниченную реализацию жизненного потенциала в исследованных местообитаниях Южной Сибири, что согласуется с представлениями о её относительно узкой экологической амплитуде в данном регионе [15].

Переход к генеративной модели усиливает смещение виталитетного спектра в сторону депрессивных состояний. У *F. viridis* доля депрессивных ЦП возрастает до 58,3 %, а у *F. vesca* достигает 90,9 %. Такое соотношение показывает, что генеративная сфера обоих видов более чувствительна к неоднородности условий среды и не должна использоваться как единственный критерий интегральной оценки жизненного состояния. Наиболее репрезентативной для сравнительного анализа виталитета исследованных видов следует признать модель «высота особи – число дочерних розеток»: она объединяет оценку размерной мощности материнского растения и эффективности вегетативного

возобновления – механизма, критически значимого для устойчивости столонообразующих земляник. Генеративную модель целесообразно рассматривать как дополнительный диагностический инструмент, позволяющий выявлять ЦП с ослабленной репродуктивной функцией, принимая во внимание её подверженность межгодовым колебаниям.

Заключение. Факторный анализ морфометрических параметров показал, что структура изменчивости ЦП *F. viridis* и *F. vesca* в обследованной части Южной Сибири определяется тремя сопряжёнными блоками признаков: интенсивностью вегетативного размножения, размерным развитием материнской особи и генеративной продуктивностью. У *F. viridis* первые три фактора объясняют 65,7 % общей дисперсии, у *F. vesca* – 84,7 %, что свидетельствует о более высокой морфологической интегрированности признаков у *F. vesca*.

По модели «высота особи – число дочерних розеток» *F. viridis* характеризуется более широким спектром виталитетных состояний: процветающие ЦП составляют 41,7 % выборки, депрессивные – 54,2 %, равновесные – 4,1 %. У *F. vesca* выявлено 27,3 % процветающих и 72,7 % депрессивных ЦП. Следовательно, в пределах обследованных местообитаний *F. viridis* проявляет более высокую экологическую пластичность, тогда как *F. vesca* демонстрирует выраженное смещение виталитетной структуры в сторону депрессивного состояния.

Использование генеративной модели «высота особи – число ложных плодов» показало более напряжённое состояние ЦП обоих видов. При данном подходе доля депрессивных ЦП составила 58,3 % у *F. viridis* и 90,9 % у *F. vesca*. Это указывает на повышенную чувствительность генеративной сферы к условиям конкретного местообитания и вегетационного сезона.

Наиболее представительную оценку жизненного состояния обоих видов обеспечивает комплекс «высота особи – число дочерних розеток», поскольку он отражает одновременно индивидуальную мощность растения и эффективность вегетативного самоподдержания. Комплекс «высота особи – число ложных плодов» рекомендуется применять как дополнительный маркер, позволяющий выявлять ЦП со сниженной генеративной функцией.

Список источников

1. Hummer K. E., Bassil N., Njuguna W. *Fragaria* // Wild Crop Relatives: Genomic and Breeding Resources, Temperate Fruits / ed. C. Kole. – Berlin : Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2011. – P. 17-44. DOI: 10.1007/978-3-642-16057-8_2. ISBN 978-3-642-16056-1.
2. Liston A., Cronn R., Ashman T. L. *Fragaria*: A genus with deep historical roots and ripe for evolutionary and ecological insights // American Journal of Botany. 2014. Vol. 101, №10. P.1686-1699. DOI: 10.3732/ajb.1400140
3. Strawberry breeding for improved flavor / M. Porter, Z. Fan, S. Lee [et al.] // Crop Science. 2023. Vol. 63, № 4. P.1949-1963. DOI:10.1002/csc2.21012
4. Status of strawberry breeding programs and cultivation systems in Europe and the rest of the world / B. Mezzetti, F. Giampieri, Y. Zhang [et al.] // Journal of Berry Research. 2018. Vol. 8, № 3. P. 205-221. DOI: 10.3233/JBR-180314
5. Харченко А. А., Новикова Л. Ю. Дикie виды рода *Fragaria* L. как источник хозяйственно-ценных признаков для селекции в Северо-Западном регионе России // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2026. Т. 187, № 1. С. 152-164. – DOI 10.30901/2227-8834-2026-1-015. – EDN FLSCUQ.
6. The genetic diversity of strawberry species, the underutilized gene pool and the need for cultivars with new quality and agronomic attributes / P. A. Dávalos-González, R. Aguilar-García, A. Rodríguez-Guillén [et al.] // Recent studies on strawberries / ed. N. E. Kafkas. – London : IntechOpen Limited, 2022. DOI: 10.5772/intechopen.102962. ISBN: 978-1-80355-199-9.
7. Dale A. How climate change could influence breeding and modern production systems in berry crops. Acta Horticulturae. 2009. Vol. 838. P.161-168. DOI:10.17660/ActaHortic.2009.838.27
8. Злобин Ю. А. Теория и практика оценки виталитетного состава ценопопуляций растений // Ботанический журнал. 1989. Т. 74, № 6. С. 769-781.
9. Злобин Ю. А., Скляр В. Г., Клименко А. А. Популяции редких видов растений: теоретические основы и методика изучения. Сумы: Университетская книга, 2013. 439 с.

10. Чемезова С. Г., Корякина Н. К., Кардашевская В. Е. Структура жизненности и изменчивости ценопопуляций *Fragaria orientalis* Losinsk. // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии. 2020. Т. 19-1. С. 240-244. <https://doi.org/10.14258/pbssm.2020047>. EDN MEQOXR.
11. Корякина Н. К., Кардашевская В. Е. Тактики и стратегии выживания ценопопуляций земляники восточной (*Fragaria orientalis* Losinsk.) // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии. 2021. Т. 20-1. С. 237-242. <https://doi.org/10.14258/pbssm.2021045>. EDN EHZEOL.
12. Виталитетная структура популяций *Colchicum bulbocodium* subsp. *versicolor* (Colchicaceae, Liliopsida) в условиях Нижнего Поволжья / А. В. Богослов, А. С. Кашин, А. С. Пархоменко [и др.] // Поволжский экологический журнал. 2021. № 2. С. 127-145. <https://doi.org/10.35885/1684-7318-2021-2-127-145>. EDN OBNRCG.
13. Магомедова Н. А. О жизненном состоянии Сарыкумских ценопопуляций *Tragopogon Daghestanicus* (Artrmcz.) Kuthath и *Senecio Schischkinianus* sof // Фундаментальные исследования. 2014. № 6-6. С. 1227-1231. EDN SFCEPZ.
14. Ларькина Т. П. К изучению экотипов *Fragaria vesca* L. в Пермском крае // Пермский аграрный вестник. 2014. № 2(6). С. 55-59. EDN SFB DGL.
15. Харченко А. А., Марушевский В. А. Метрические векторы жизненности ценопопуляций диплоидных видов рода *Fragaria* L. Сибири // Vavilovia. 2024. Т. 7, № 4. С. 3-13. DOI: 10.30901/2658-3860-2024-4-o2
16. Методика изучения популяций редких и ресурсных видов растений на охраняемых природных территориях Республики Башкортостан / М. М. Ишмуратова, М. Ш. Барлыбаева, А. Р. Ишбирдин [и др.]. – Уфа : государственное автономное учреждение науки Республики Башкортостан «Башкирская энциклопедия», 2020. – 276 с. – ISBN 978-5-88185-475-1. – EDN YVXYTY.
17. Злобин Ю. А. Принципы и методы изучения ценотических популяций растений. Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1989. 146 с. ISBN 5-7464-0334-2.

References

1. Hummer KE, Bassil N, Njuguna W. *Fragaria*. In: Kole C, editor. *Wild Crop Relatives: Genomic and Breeding Resources, Temperate Fruits* [Internet]. Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg; c2011 [cited 2026 May 15]. p. 17-44. Available from: https://doi.org/10.1007/978-3-642-16057-8_2 English. ISBN: 978-3-642-16056-1.
2. Liston A, Cronn R, Ashman TL. *Fragaria*: a genus with deep historical roots and ripe for evolutionary and ecological insights. *American Journal of Botany* [Internet]. 2014 Oct [cited 2026 May 15];101(10):1686-99. Available from: <https://doi.org/10.3732/ajb.1400140> English.
3. Porter M, Fan Z, Lee S, et al. Strawberry breeding for improved flavor. *Crop Science* [Internet]. 2023 Jun [cited 2026 May 15];63(4):1949-63. Available from: <https://doi.org/10.1002/csc.2.21012> English.
4. Mezzetti B, Giampieri F, Zhang Y, et al. Status of strawberry breeding programs and cultivation systems in Europe and the rest of the world. *Journal of Berry Research* [Internet]. 2018 Jun [cited 2026 May 15];8(3):205-21. Available from: <https://doi.org/10.3233/JBR-180314> English.
5. Kharchenko AA, Novikova LYu. Wild species of *Fragaria* L. as a source of valuable agronomic traits for breeding in Northwest Russia. *Proceedings on applied botany, genetics and breeding*. 2026;187(1):152-64. (In Russ.). Available from: <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2026-1-o15>. EDN: FLSCUQ.
6. Dávalos-González PA, Aguilar-García R, Rodríguez-Guillén A, et al. The genetic diversity of strawberry species, the underutilized gene pool and the need for cultivars with new quality and agronomic attributes. In: Kafkas NE, editor. *Recent studies on strawberries* [Internet]. Online version. London: IntechOpen Limited; 2022 May 10 [cited 2026 May 15]. [about 27 p.]. Available from: <https://doi.org/10.5772/intechopen.102962> English. ISBN: 978-1-80355-199-9.
7. Dale A. How climate change could influence breeding and modern production systems in berry crops. *Acta Horticulturae* [Internet]. 2009 Jul [cited 2026 May 15]; (838):161-8. Available from: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2009.838.27> English.

8. Zlobin YuA. Theory and practice of the vitality pattern estimation in plant coenopopulations. *Botanicheskii Zhurnal*. 1989;74(6):769-81. (In Russ.).
9. [Zlobin YuA, Sklyar VG, Klimenko AA. *Populations of rare plant species: theoretical foundations and methods of study*. Sumy: Universitetskaya kniga Publ.; 2013]. (In Russ.).
10. Chemezova SG, Koryakina NK, Kardashevskaya VE. Vitality and variability structure of *Fragaria orientalis* Losinsk. *Problems of botany of South Siberia and Mongolia*. 2020;19(1):240-4. (In Russ.). Available from: <https://doi.org/10.14258/pbssm.2020047>. EDN: MEQOXR.
11. Koryakina NK, Kardashevskaya VE. Tactics and life strategies of coenopopulations *Fragaria orientalis* Losinsk. *Problems of botany of South Siberia and Mongolia*. 2021;20(1):237-42. (In Russ.). Available from: <https://doi.org/10.14258/pbssm.2021045>. EDN: EHZEOL.
12. Bogoslov AV, Kashin AS, Parkhomenko AS, et al. Vitality structure of *Colchicum bulbocodium* subsp. *versicolor* (Colchicaceae, Liliopsida) populations in the Lower Volga region. *Povolzhskiy Journal of Ecology*. 2021;(2):127-45. (In Russ.). Available from: <https://doi.org/10.35885/1684-7318-2021-2-127-145>. EDN: OBNRCG.
13. Magomedova NA. About life condition *Sarikum* coenopopulations *Tragopogon Daghestanicus* (Artrmcz.) Kuthath and *Senecio Schischkinianus* sof. *Fundamental Research*. 2014;(6):1227-31. (In Russ.). EDN: SFCEPZ.
14. Larkina TP. On the investigation of ecotypes of (*Fragaria Vesca* L.) in Permskii krai. *Perm Agrarian journal*. 2014;2(6):55-9. (In Russ.). EDN: SFB DGL.
15. Kharchenko AA, Marushevsky VA. Metric vectors of vitality of coenopopulations of diploid species of the genus *Fragaria* L. in Siberia. *Vavilovia*. 2024;7(4):3-13. (In Russ.). <https://doi.org/10.30901/2658-3860-2024-4-o2>
16. [Ishmuratova MM, Barlybaeva MSh, Ishbirdin AR, et al. *Methodology for studying populations of rare and resource plant species in protected natural areas of the Republic of Bashkortostan*. Ufa: Bashkir Encyclopedia Publ.; 2020]. (In Russ.). ISBN: 978-5-88185-475-1. EDN: YVXYTY.
17. [Zlobin YuA. *Principles and methods of studying cenotic plant populations*. Kazan: Kazan University Press; 1989]. (In Russ.). ISBN: 5-7464-0334-2.

Информация об авторах

А. А. Харченко – научный сотрудник;

Л. Ю. Новикова – доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник;

В. А. Марушевский – младший научный сотрудник.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторы принимают условия Договора по передаче авторских прав на статью и ее публикации.

Статья поступила в редакцию 22.05.2026; одобрена после рецензирования 24.06.2026; принята к публикации 03.07.2026.

Information about the authors

A. A. Kharchenko – Researcher;

L. Yu. Novikova – DSc (Agriculture), Leading Researcher;

V. A. Marushevsky – Junior Researcher.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

Conflict of interests: the authors declare no conflicts of interests.

The authors accept the terms of the Agreement for the transfer of copyright to the article and its publication.

The article was submitted to the editorial office on 22.05.2026; approved after review 24.06.2026; accepted for publication 03.07.2026.

Научная статья

УДК 634.11:631.527:57.061

https://doi.org/10.54258/20701047_2026_63_3_90

Номенклатурные стандарты сортов яблони народной селекции России, сохраняемые в коллекции ВИР

Анна Владимировна Шлявас^{1✉}, Галина Владимировна Таловина²,

Юлия Васильевна Ухатова³

^{1,2,3}Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия

¹a.shlyavas@vir.nw.ru[✉], <https://orcid.org/0000-0002-8009-6780>

²g.talovina@vir.nw.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6167-1455>

³y.ukhatova@vir.nw.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9366-0216>

Аннотация. Сорта отечественной народной селекции яблони более 70 лет сохраняются в живом виде под контролем экспертов – кураторов коллекции отдела генетических ресурсов плодовых культур Федерального исследовательского центра Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова (ВИР). Кроме того, в фонде Гербария культурных растений мира, их диких родичей и сорных растений ВИР (WIR) хранится гербарный материал сортов яблони, представляющий особую ценность, т. к. собирался начиная с 1925 года. Была поставлена задача создания номенклатурных стандартов сортов отечественной народной селекции, используя имеющийся фондовый гербарный материал ВИР. Разработка и публикация номенклатурных стандартов сортов яблони народной селекции позволяет сохранить общедоступные, подлинные таксономические и морфологические данные об этих сортах, поскольку они являются официальным, международно-признанным документом, который заверяется экспертом и обеспечивает возможность определения и подтверждения аутентичности сортов при использовании в селекции, питомниководстве, в промышленном и частном садоводстве. В результате созданы номенклатурные стандарты шести сортов яблони домашней (*Malus domestica* Borkh.), входящих в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию: «Антоновка Обыкновенная» (WIR-109792), «Башкирский Красавец» (WIR-109793), «Винное» (WIR-31126), «Грушовка Московская» (WIR-25934), «Коричное Полосатое» (WIR-109794) и «Налив Белый» (WIR-109795). В фонде Гербария WIR выявлены два образца 1969 и 1973 годов сбора; для четырех сортов собран растительный материал в полевой коллекции генетических ресурсов яблони научно-производственной базы «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР» (Санкт-Петербург) в 2025 г. Для гербаризации собирались цветки, однолетние побеги с листьями, плоды. Проводилась фотофиксация цветков и плодов. Было подготовлено описание основных помологических и хозяйственно-ценных параметров сортов. Гербарные образцы переданы в фонд номенклатурных типов Гербария WIR, в Национальный центр генетических ресурсов растений Российской Федерации.

Ключевые слова: культурная флора, *Malus domestica* Borkh., Гербарий ВИР (WIR), Государственный реестр селекционных достижений, садоводство

Благодарности: работа выполнена в рамках Государственного задания ВИР по теме НИР № 0481-2022-0006 «Раскрытие научного потенциала гербарной коллекции ВИР как особой специфической единицы хранения мирового агробиоразнообразия для научно обоснованной мобилизации, эффективного изучения и сохранения генофонда культурных растений и их диких родичей».

Для цитирования: Шлявас А.В., Таловина Г.В., Ухатова Ю.В. Номенклатурные стандарты сортов яблони народной селекции России, сохраняемые в генетической коллекции ВИР // Известия

Горского государственного аграрного университета. 2026. Т. 63, № 3. С. 90-103. https://doi.org/10.54258/20701047_2026_63_3_90

Scientific article

Nomenclatural standards of Russian folk-selection apple cultivars maintained in the WIR collection

Anna V. Shlyavas^{1✉}, Galina V. Talovina², Yulia V. Ukhatova³

^{1,2,3}N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia

¹a.shlyavas@vir.nw.ru✉, <https://orcid.org/0000-0002-8009-6780>

²g.talovina@vir.nw.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6167-1455>

³y.ukhatova@vir.nw.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9366-0216>

Abstract. Russian apple cultivars developed through folk selection have been maintained as living specimens for over 70 years under the supervision of curators from the Department of Genetic Resources of Fruit Crops at the N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (WIR). In addition, the Herbarium of Cultivated Plants, Their Wild Relatives and Weeds of WIR (WIR) houses herbarium material of these apple cultivars of particular scientific value, collected since 1925. This study aimed to establish nomenclatural standards for Russian folk-selection apple cultivars using the available VIR herbarium fund. The development and publication of such standards preserve publicly accessible, authentic taxonomic and morphological data on these varieties. As internationally recognized official documents authenticated by experts, they ensure the identification and verification of varietal authenticity for use in breeding, nursery management, and both commercial and private horticulture. As a result, nomenclature standards were created for six varieties of domestic apple (*Malus domestica* Borkh.), included in the State Register of Breeding Achievements approved for use: «Antonovka Obyknoennaya» (WIR-109792), «Bashkir Krasavets» (WIR-109793), «Vinnoye» (WIR-31126), «Grushovka Moskovskaya» (WIR-25934), «Korichnoye Polosatoye» (WIR-109794) and «Naliv Bely» (WIR-109795). The WIR Herbarium yielded two historical specimens collected in 1969 and 1973; plant material for the remaining four cultivars was gathered in 2025 from the field collection of apple genetic resources at the Pushkin and Pavlovsk Laboratories experimental production base (St. Petersburg). For herbarium preparation, flowers, one-year-old shoots with leaves, and fruits were collected. Flowers and fruits were photographed, and descriptions of the main pomological and economically valuable parameters were compiled. The herbarium specimens have been deposited in the Nomenclatural Type Collection of the WIR Herbarium and the National Center of Plant Genetic Resources of the Russian Federation.

Keywords: cultivated flora, *Malus domestica* Borkh., Herbarium VIR (WIR), State register of selection achievements, horticulture

Acknowledgments: the work has been performed out within the framework of the State Assignment to VIR, R&D topic No. 0481-2022-0006 “Disclosing the scientific potential of the herbarium collection at VIR as an independent specific unit of worldwide agricultural biodiversity conservation for scientifically justified mobilization, effective studying and preservation of genetic diversity of cultivated plants and their wild relatives”.

For citation: Shlyavas AV, Talovina GV, Ukhatova YuV. Nomenclatural standards of Russian folk-selection apple cultivars maintained in the WIR collection. *Proceedings of Gorsky State Agrarian University*. 2026;63(Pt3):90-103. (In Russ.). Available from: https://doi.org/10.54258/20701047_2026_63_3_90

Введение. Коллекция генетических ресурсов растений Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР) является первой и одной из самых представительных в мире по разнообразию основных сельскохозяйственных культур [1]. В ВИР сохраняется и

научный гербарий культурной флоры, один из крупнейших специализированных в мире – Гербарий культурных растений мира, их диких родичей и сорных растений (Гербарий ВИР [WIR]) [2]. Коллекция плодовых культур ВИР формировалась начиная с 1925 г., при этом аналитическая работа по разным культурам, включая яблоню, уже была начата ранее сотрудниками Министерства земледелия и государственных имуществ, бывшего в начале 20 века правопродшественником ВИР.

Первые данные об отечественных яблоневох садах встречаются в Новгородских писцовых книгах без упоминания конкретных сортов [3]. В 1797-1801 гг. А. Т. Болотовым, согласно данным Министерства земледелия и государственных имуществ, в книге «Изображение и описание разных пород яблок и груш, родящихся в Дворениновских и отчасти других садах» впервые перечислены и охарактеризованы 600 отечественных сортов яблони [4]. В данном издании упоминаются такие сорта, как, например, «Андреевка», «Скляновское», «Белобородовское», «Чугунка». Большинство из описанных сортов в настоящее время невозможно найти в насаждениях и генетических коллекциях, однако «Анисимовка» или «Анис», «Боровинка», «Титовка» и «Скрут» встречаются.

К концу XIX – началу XX веков в сортименте яблони появились сорта «Антоновка Обыкновенная», «Апорт», «Анис Алыи», «Бабушкино», «Доброый Крестьянин», «Бель», «Папировка» и другие, которые известны современным плодоводам как сорта народной селекции [5, 6].

Некоторые из сортов отечественной народной селекции («Антоновка Обыкновенная», «Папировка», «Налив Белый», «Грушовка Московская», «Коричное Полосатое») в 1931 г. вошли в первый рекомендованный для выращивания на территории РСФСР сортимент яблони, который был разработан известным учёным В. В. Пашкевичем, в то время руководившим отделом плодоводства, огородничества и специальных культур Всесоюзного института прикладной ботаники и новых культур (в настоящее время – отдел генетических ресурсов плодовых культур ВИР) [7]. Благодаря своим характеристикам эти сорта до сих пор включены в современный Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию (Госреестр) [8]. Перечисленные выше сорта не только выращиваются в промышленном и частном садоводстве, но используются в селекционной работе: при их непосредственном использовании в качестве родительских форм созданы 114 сортов из 580 сортов яблони, входящих в Госреестр [8; 9].

Коллекция генетических ресурсов яблони ВИР является старейшей (первые поступления в 1925 г.) и самой большой в России (более 3500 образцов). В состав коллекции входят селекционные сорта, образцы дикорастущих видов яблони, отборные формы. Сорта народной селекции (отечественной и зарубежной) составляют около 10 % коллекционного генофонда. Большинство сортов народной селекции поступили в коллекцию с 1925 по 1960-е гг. благодаря экспедиционным обследованиям территории РСФСР, а также путем выписки из профильных научных учреждений.

В Гербарии WIR на бессрочном хранении находятся 2565 образцов гербария яблони, из них представители яблони домашней (*Malus domestica* Borkh.) насчитывают 1468 образцов, в т. ч. 675 гербарных образцов собраны в коллекции генетических ресурсов яблони ВИР. Работы по гербаризации ведутся одновременно с началом создания и изучения образцов полевой коллекции. В основном фонде гербария хранится высокоценный потенциальный материал для создания образцов номенклатурных стандартов сортов яблони отечественной селекции ввиду того, что по времени создания он максимально приближен ко времени, когда эти сорта были получены в коллекцию ВИР.

В ВИР совместно с ведущими российскими научными учреждениями с 2018 г. ведется работа по созданию номенклатурных стандартов сортов плодовых и ягодных культур отечественной селекции. К настоящему времени созданы и опубликованы номенклатурные стандарты 55 сортов яблони [10-15]. Функцию номенклатурного стандарта сорта могут нести только те гербарные образцы, разработка и публикация которых проведены в соответствии с положениями Международного кодекса номенклатуры культурных растений ICNCP [16; 17]. Опубликованные номенклатурные стандарты сортов яблони служат официальным научным документом селекционных достижений, обеспечивают возможность идентификации и подтверждения подлинности сортов яблони отечественной селекции при размножении и использовании в промышленных насаждениях, а также в селекции и частном садоводстве.

Создание номенклатурных стандартов сортов яблони народной селекции, находящихся в Госреестре, актуально, поскольку в настоящее время эти сорта продолжают активно использовать гене-

тики и селекционеры России и Беларуси как в селекционных программах, так и в качестве контроля при изучении новых отечественных и интродуцированных зарубежных сортов [18-20]. Комплекс хозяйственно-ценных признаков (зимостойкость, засухоустойчивость, химический состав плодов и т. д.) таких сортов способствует их распространению до настоящего времени. Коллекция генетических ресурсов ВИР и Гербарий ВИР, благодаря своей полноте и гарантированной аутентичности образцов, позволяет провести такую работу.

Цель настоящего исследования – на основе гербарного материала, хранящегося в фонде Гербария ВИР (WIR), создать номенклатурные стандарты сортов яблони отечественной народной селекции, входящих в Госреестр и сохраняемых в коллекции генетических ресурсов яблони ВИР.

Материалы и методы. Объект исследования – 6 сортов яблони отечественной народной селекции: «Антоновка Обыкновенная», «Башкирский Красавец», «Винное», «Грушовка Московская», «Коричное Полосатое», «Налив Белый». Эти образцы представляют особую ценность, т. к. были привлечены в коллекцию ВИР достаточно близко к их первому упоминанию в литературе [5; 9]. Материалом для создания номенклатурных стандартов сортов яблони отечественной народной селекции послужили гербарные образцы, сохраняемые в фонде Гербария WIR, а также вновь созданные на основе растений этих сортов из полевой коллекции генетических ресурсов плодовых культур на территории научно-производственной базы «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР» (Санкт-Петербург). Все изучаемые сорта включены в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию (табл. 1).

В ходе работы осуществлен поиск материала, подходящего для оформления номенклатурных стандартов сортов народной селекции яблони из имеющегося в фонде Гербария ВИР (WIR). Выбор гербарного образца, подходящего для выполнения функции номенклатурного стандарта сорта, проведен в соответствии с положениями Международного кодекса номенклатуры культурных растений ICNCP [17; 21], направленных на унификацию и консервацию названий сортов. Номенклатурным стандартом сорта назначался наиболее информативный гербарный образец, для одного сорта добавлен вкладыш с загербаризированными цветками 2025 г. сбора.

Для тех сортов, для которых в фонде Гербария подходящих образцов не было обнаружено, в 2025 г. был собран новый гербарный материал в коллекционном саду НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР» согласно [16], где как раз и поддерживаются те сорта, что были заложены век назад. Все образцы гербария содержат побег, типичный лист, цветок, поперечный и продольный срезы плода. В ряде случаев образец номенклатурного стандарта сорта представлен не на одном, а на двух гербарных листах, на которых размещены различные части растения, признаки которых необходимы для определения сортовой принадлежности. Гербарные образцы дополнены фотографиями коллекционных растений. В описаниях номенклатурных стандартов и в гербарных этикетках указаны каталожные номера коллекции генетических ресурсов ВИР «к-...» и регистрационный номер гербарного образца в базе данных «Гербарий ВИР» «WIR-...».

Описание основных помологических и хозяйственно-ценных признаков сортов проводили согласно Классификатору СЭВ (1989) и сверяли с ранее опубликованными данными [7; 9; 22].

Результаты и их обсуждение. В 2025 г. мы анализировали Гербарий ВИР на предмет гербарных листов, представляющих генетический материал сортов отечественной народной селекции, собранных на базе коллекции яблони ВИР. В результате были выявлены 75 сортов (85 гербарных образцов на 149 гербарных листах), из которых 2 сорта (3 гербарных образца на 6 гербарных листах) до настоящего времени входят в Государственный реестр селекционных достижений и представляют предмет настоящего исследования.

Гербарные образцы сортов «Винное» (гербарий 1973 г. сбора) и «Грушовка Московская» (гербарий 1969 г. сбора) были выбраны для назначения в качестве номенклатурных стандартов и дополнены фотографиями цветков и плодов современных образцов сорта коллекции ВИР с теми же каталожными номерами. Для гербарного образца сорта «Грушовка Московская» был сделан вкладыш с гербарием цветков из сборов 2025 г. с дерева, с которого были собраны побег и плоды в 1969 г.

Для остальных интересующих нас сортов отечественной народной селекции номенклатурными стандартами назначены гербарные образцы, собранные в полевой коллекции яблони ВИР в 2025 г.

Таблица 1. Сорта яблони отечественной народной селекции из коллекции ВИР, использованные для создания номенклатурных стандартов

Table 1. Russian landraces cultivar apple-tree from the VIR collection, used to create nomenclatural standards

Название сорта, номер каталога ВИР / Name of cultivar, VIR catalog number	Год поступления сорта в коллекцию ВИР / Year of entry of the cultivar into the VIR collection	Год включения в Госреестр се- лекционных достижений / Year of inclusion into the State register of selection achievements	Регионы допуска / Access region of cultivar
«Винное», к-375 / «Vinnoye», k-375	1926	1959	Северо-Западный / Northwest
«Грушовка Москов- ская», к-464 / «Grushovka Moskovskaya», k-464	1926	1947	Северный, Северо-Западный, Центральный, Волго-Вятский, Средневолжский, Уральский, За- падно-Сибирский, Восточно- Сибирский / North, Northwest, Central, Volga-Vyatka, Middle Volga, Ural, West Siberian, East Siberian
«Антоновка Обыкно- венная», к-74 / «Antonovka Obyknovennaya», k-74	1926	1947	Северо-Западный, Центральный / Northwest, Central
«Башкирский Краса- вец», к-185 / «Bashkirskiy Krasavets», k-185	1949	1947	Северо-Западный, Волго- Вятский, Средневолжский, Уральский / Northwest, Volga- Vyatka, Middle Volga, Ural
«Коричное Полосатое», к-805 / «Korichnoye Polosatoye», k-805	1926	1947	Северный, Северо-Западный, Центральный, Волго-Вятский, Центрально-Черноземный, Сред- неволжский / North, Northwest, Central, Volga-Vyatka, Central Black Earth, Middle Volga
«Налив Белый», к-1010 / «Naliv Bely», k-1010	1926	1947	Северный, Северо-Западный, Центральный, Волго-Вятский, Центрально-Черноземный, Сред- неволжский / North, Northwest, Central, Volga-Vyatka, Central Black Earth, Middle Volga

Источник: составлено авторами.

Source: compiled by the authors.

Ниже размещены описания номенклатурных стандартов для шести сортов яблони народной селекции, поддерживаемых в коллекции ВИР.

Описания основных помологических и хозяйственно-ценных признаков сортов приведены в табл. 2.

Сорт «Антоновка Обыкновенная» – «Antonovka Obyknovennaya»

Nomenclatural standard. Происхождение: русский сорт народной селекции. Репродукция: НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР». 27.05.2025 (цветки), 14.08.2025 (лист, побег), 16.09.2025 (плоды). Собрала, определила: Шлявас А.В. – Origin: Russian landrace cultivar. Reproduction: Pushkin and Pavlovsk Laboratories of VIR. 27.05.2025 (flower), 14.08.2025 (leaf, shoot), 16.09.2025 (fruit). Collected and identified by: Shlyavas A.V. к-74, **WIR-109792** (рис. 1).

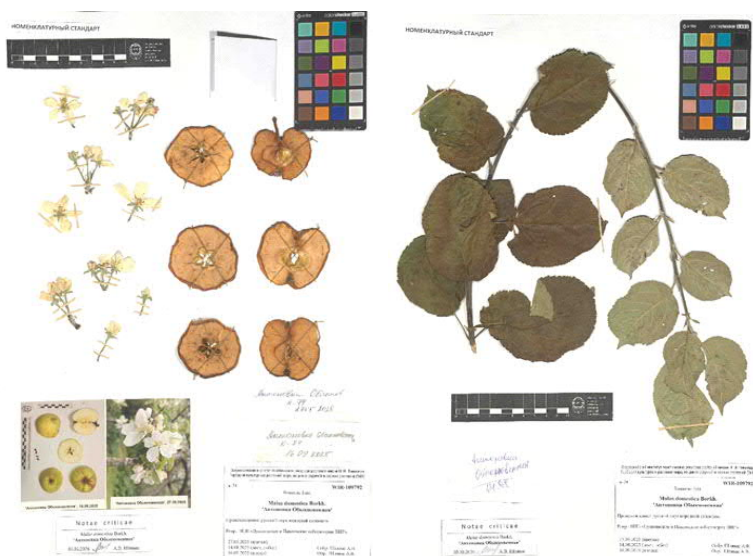


Рис. 1. Номенклатурный стандарт яблони «Антоновка Обыкновенная» (WIR-109792)

Fig. 1. Nomenclatural standard of apple-tree «Antonovka Obyknovennaya» (WIR-109792)

Примечание: образец представлен двумя гербарными листами.

Note: the specimen consists of two herbarium sheets.

Источник: фотографии гербарных листов сделаны Таловиной Г. В.

Source: photo of herbarium sheets by Talovina G. V.

Сорт «Башкирский Красавец» – «Bashkirskiy Krasavets»

Nomenclatural standard. Происхождение: башкирский сорт народной селекции. Репродукция: НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР». 29.05.2025 (цветки), 14.08.2025 (лист, побег), 01.09.2025 (плоды). Собрала, определила: Шлявас А.В. – Origin: Bashkir landrace cultivar. Reproduction: Pushkin and Pavlovsk Laboratories of VIR. 29.05.2025 (flower), 14.08.2025 (leaf, shoot), 01.09.2025 (fruit). Collected and identified by: Shlyavas A.V. к-185, **WIR-109793** (рис. 2).

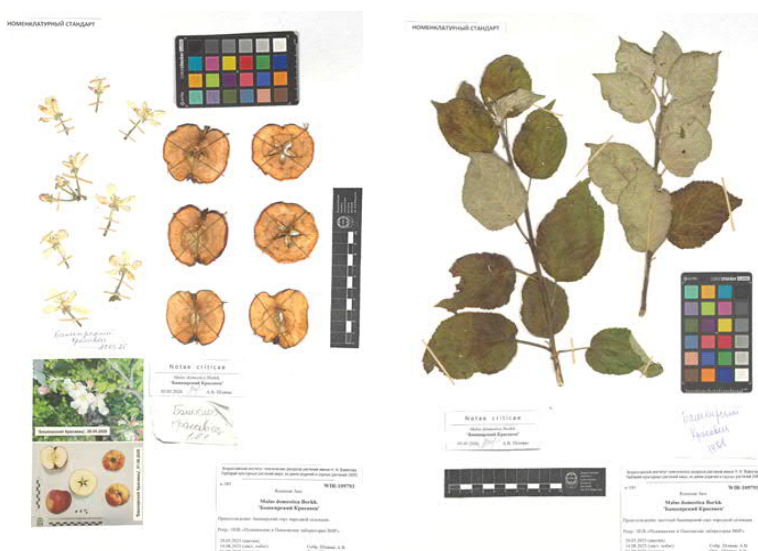


Рис. 2. Номенклатурный стандарт яблони «Башкирский Красавец» (WIR-109793)

Fig. 2. Nomenclatural standard of apple-tree «Bashkirskiy Krasavets» (WIR-109793)

Примечание: образец представлен двумя гербарными листами.

Note: the specimen consists of two herbarium sheets.

Источник: фотографии гербарных листов сделаны Таловиной Г. В.

Source: photo of herbarium sheets by Talovina G. V.

Таблица 2. Основные помологические и хозяйственно-ценные признаки сортов яблони
Table 2. The main pomological and economic characteristics of apple-tree cultivar

Признак / Trait	«Антоновка Обыкновенная» / «Antonovka Obukhnovennaya»	«Башкирский Красавец» / «Bashkirskiy Krasavets»	«Винное» / «Vinnoye»	«Грушовка Московская» / «Grushovka Moskovskaya»	«Башкирский Красавец» / «Bashkirskiy Krasavets»	«Коричное Полосатое» / «Korichnoye Polosatoye»	«Налив Белый» / «Naliv Bely»
1	2	3	4	5	6	7	8
Срок созревания / Ripening period	Раннезимний / Early winter	Раннезимний / Early winter	Позднелетний / Late summer	Раннелетний / Early summer	Раннезимний / Early winter	Осенний / Autumn	Летний / Summer
Масса плода, г / Average fruit weight, g	120-150	92-137	100-115	80-100	92-137	70-90	100-120
Вкус плода / Taste of the fruit	Сладко-кислый / Sweet-sour	Кисло-сладкий / Sour-sweet	Кисло-сладкий с винным привкусом / Sour-sweet with a winey flavor	Кисло-сладкий с преобладанием кислот / Sour-sweet with a pre-dominance of acidity	Кисло-сладкий / Sour-sweet	Кисло-сладкий / Sour-sweet	Кисло-сладкий с преобладанием кислот / Sour-sweet with a pre-dominance of acidity
Форма плода / Fruit shape	Округлая / Round	Ширококоническая / Wide conical	Плоскоокруглые и округло-конические / Flat-round and round-conical	Репчатая / Napiform	Ширококоническая / Wide conical	Репчатая / Napiform	Округло-коническая / Round-conical
Основная окраска плода / Basic fruit color	Зеленоватая / желтая / Greenish-yellow	Зеленоватая / Greenish	Желто-зеленая / yellowish-green	Желто-зеленая при созревании / turning white when ripe	Зеленоватая / Greenish	Зелено-желтая / Greenish-yellow	Белая / White
Покровная окраска плода / Fruit skin color	Редко едва заметный розовый / Rarely a barely noticeable blushed	Красно-алые полосы / Red-scarlet stripes	Красно-алые полосы и крапины / Red-scarlet stripes and speckles	Размытые розовые полосы и крапины / Blurred pink stripes and speckles	Красно-алые полосы / Red-scarlet stripes	Темно-красные резкие полосы и крапины / Dark red sharp stripes and speckles	—

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8
Интенсивность окраски / Skin color intensity	Менее 1/4 плода / Less than 1/4 of the fruit	1/3 плода / 1/3 fruit	Более 1/3 плода / More than 1/3 of the fruit	1/2 плода / 1/2 fruit	1/3 плода / 1/3 fruit	1/2 плода / 1/2 fruit	–
Окраска мякоти плода / Fruit pulp color	Желтоватая / Yellowish	Белая / White	Зеленоватая / Greenish	Белая с желтоватым оттенком / White with a yellowish tint	Белая / White	Желтоватая / Yellowish	Белая / White
Скороплодность / Fruiting precocity	7-8 год / 7-8 years	6 год / 6th year	5-6 год / 7-8 years	4-5 год / 4-5 years	6 год / 6th year	7-8 год / 7-8 years	5-6 год / 5-6 years
Зимостойкость / Winter hardiness	Высокая / High	Высокая / High	Высокая / High	Высокая / High	Высокая / High	Высокая / High	Средняя / Medium
Устойчивость к вредителям и болезням / Scab resistance	Высокая / High	Средняя / Medium	Высокая / High	Средняя / Medium	Средняя / Medium	Средняя / Medium	Средняя / Medium
Срок хранения, дни / Fruit storage period, days	90	130	60	20	130	60-90	14
Назначение / Commercial use	Универсальный / Universal	Универсальный / Universal	Универсальный / Universal	В свежем виде, сок / Fresh consumption, juice	Универсальный / Universal	В свежем виде, варенье / Fresh consumption, jam	Универсальный / Universal

Источник: составлено по результатам собственных исследований.
Source: compiled based on the results of our own research.

Сорт «Винное» – «Vinnoye»

Nomenclatural standard. Происхождение: РСФСР. Репродукция: Павловская опытная станция ВИР. 28.05.1973 (цветки), 13.08.1973 (плоды). Собирали: Калинина [В. Д.], Шарапова [Н. В.]. Определил: Лихонос [Ф. Д.]. – Origin: Reproduction: Pavlovsk Experiment Station of VIR. 28.05.1973 (flower), 13.08.1973 (fruit). Collected by: Kalinina [V. D.], Sharapova [N. V.]. Identified by: Likhonos [F. D.] к-375, **WIR-31126** (рис. 3).

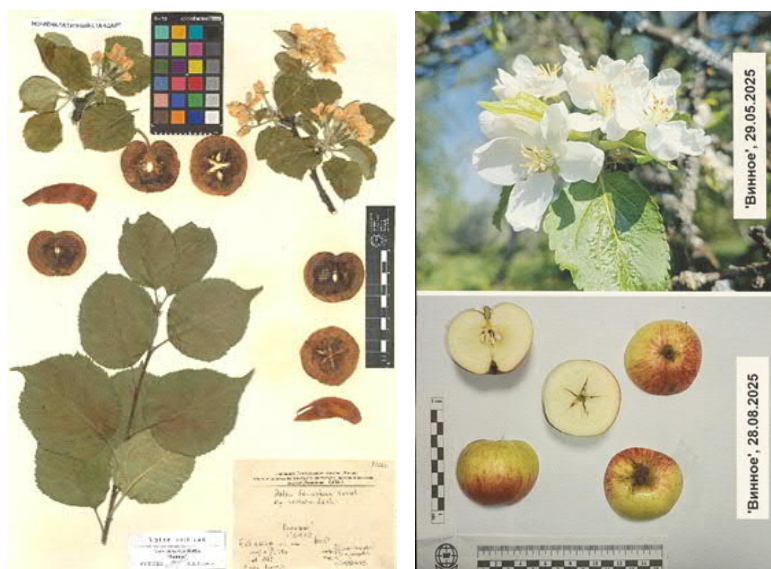


Рис. 3. Номенклатурный стандарт яблони «Винное» (WIR-31126) и фото цветков и плодов.
Fig. 3. Nomenclatural standard of apple-tree «Vinnoye» (WIR-31126) and photos of flowers and fruits.

Примечание: образец представлен одним гербарным листом и дубликатом.
Note: the specimen consists of one herbarium sheet and a duplicate.

Источник: фотографии гербарных листов сделаны Таловиной Г. В.
Source: photo of herbarium sheets by Talovina G. V.

Сорт «Грушовка Московская» – «Grushovka Moskovskaya»

Nomenclatural standard. Происхождение: старый русский сорт. Репродукция: Павловская опытная станция ВИР. 02.09.1969 [побег, плод], [на вкладыше – 27.05.2025 (цветки)]. Собрала: Калинина В.[Д.]. Определил: Пономаренко В.В. – Origin: Old russian landrace cultivar. Reproduction: Pavlovsk Experiment Station of VIR. 02.09.1969 [shoot, fruit], [on insert – 27.05.2025 (flower)]. Collected by: Kalinina V.[D.]. Identified by: Ponomarenko V.V. к-464, **WIR-25934** (рис. 4).

Сорт «Коричное Полосатое» – «Korichnoye Polosatoye»

Nomenclatural standard. Происхождение: русский сорт народной селекции. Репродукция: НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР». 27.05.2025 (цветки), 15.08.2025 (лист, побег), 15.09.2025 (плоды). Собирали: Шлявас А.В., Филаретов И.А., Таловина Г.В. Определила: Шлявас А.В. – Origin: Russian landrace cultivar. Reproduction: Pushkin and Pavlovsk Laboratories of VIR. 27.05.2025 (flower), 15.08.2025 (leaf, shoot), 15.09.2025 (fruit). Collected by: Shlyavas A.V., Filaretov I.A., Talovina G.V. Identified by: Shlyavas A.V. к-805, **WIR-109794** (рис. 5).

Сорт «Налив Белый» – «Naliv Bely»

Nomenclatural standard. Происхождение: русский сорт народной селекции. Репродукция: НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР». 27.05.2025 (цветки), 13.08.2025 (лист, побег), 28.08.2025 (плоды). Собирали: Шлявас А.В., Алексеева М.П. Определила: Шлявас А.В. – Origin: Russian landrace cultivar. Reproduction: Pushkin and Pavlovsk Laboratories of VIR. 27.05.2025 (flower), 13.08.2025 (leaf,

shoot), 28.08.2025 (fruit). Collected by: Shlyavas A.V., Alekseeva M.P. Identified by: Shlyavas A.V. κ-1010, WIR-109795 (рис. 6).



Рис. 4. Номенклатурный стандарт яблони «Грушовка Московская» (WIR-25934) и вкладыш с цветками и фото образца этого сорта
Fig. 4. Nomenclatural standard of apple-tree «Bashkirskiy Krasavets» (WIR-25934) and the insert with flowers and photos of the cultivar

Примечание: образец представлен одним гербарным листом и дубликатом.
Note: the specimen consists of one herbarium sheet and a duplicate.

Источник: фотографии гербарных листов сделаны Таловиной Г. В.
Source: photo of herbarium sheets by Talovina G. V.

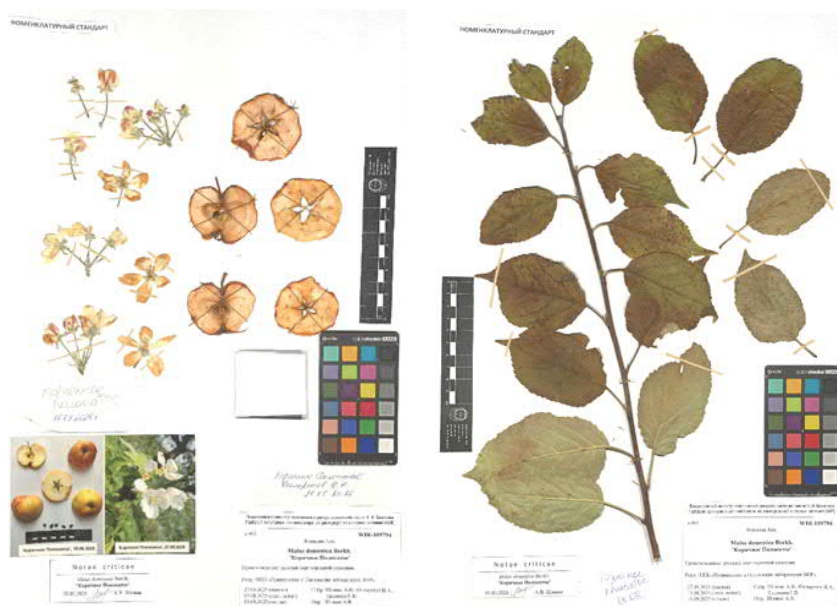


Рис. 5. Номенклатурный стандарт яблони «Коричное Полосатое» (WIR-109794)
Fig. 5. Nomenclatural standard of apple-tree «Korichnoye Polosatoye» (WIR-109794)

Примечание: образец представлен двумя гербарными листами.
Note: The specimen consists of two herbarium sheets.

Источник: фотографии гербарных листов сделаны Таловиной Г. В.
Source: photo of herbarium sheets by Talovina G. V.

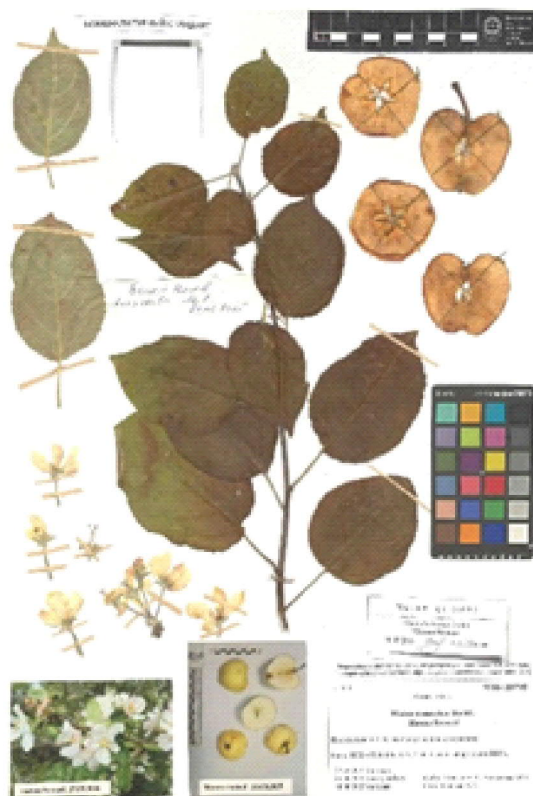


Рис. 6. Номенклатурный стандарт яблони «Налив Белый» (WIR-109795)

Fig. 6. Nomenclatural standard of apple-tree «Naliv Bely» (WIR-109795)

Примечание: образец представлен одним гербарным листом.

Note: the specimen is represented by one herbarium sheet.

Источник: фотографии гербарных листов сделаны Таловиной Г. В.

Source: photo of herbarium sheet by Talovina G. V.

Заключение

Оформлены номенклатурные стандарты для шести сортов яблони народной селекции, поддерживаемых в живом виде в коллекции плодовых культур ВИР (Санкт-Петербург). В результате гербарные образцы номенклатурных стандартов следующих сортов яблони домашней: «Антоновка Обыкновенная», «Башкирский Красавец», «Винное», «Грушовка Московская», «Коричное Полосатое» и «Налив Белый» переданы на хранение в фонд номенклатурных типов Гербария WIR.

Список источников

1. Loskutov I. G., Ukhatova Y. V., Khlestkina E. K. VIR: from a small Bureau in the Russian Empire to the present-day National Center for Plant Genetic Resources // Genetic Resources. 2025. S2. P. 58–69. DOI: 10.46265/genresj.EVEF5522.
2. Хлесткина Е. К. Генетические ресурсы России: от коллекций к биоресурсным центрам // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2022. Т. 183, № 1. С. 9?30. DOI: 10.30901/2227-8834-2022-1-9-30. EDN DSLEEW.
3. Кочин Г. Е. Сельское хозяйство на Руси в период образования Русского централизованного государства. Конец XIII – начало XVI в. – Москва; Ленинград: Наука, 1965. 462 с.
4. Плодоводство в России: материалы и исследования. Вып. 3: Изображения и описания разных пород яблок и груш, родящихся в Дворениновских, а отчасти и в других садах: извлечение из рукописи под вышеприведенным заглавием, составленное А. С. Гребницким / рисованы и описаны Андреем Болотовым в Дворенинове с 1797 по 1801 год; предисл. А. С. Гребницкого // Министерство земледелия и государственных имуществ, Департамент земледелия. – Санкт-Петербург: Типография В. Киршбаума; 1900. 226 с.

5. Русская помология, или Описание признаков и способов разведения сортов плодовых растений, произрастающих в северных, средних и юго-восточных губерниях России: ч. 1-2 / сочинение д-ра Э. Регеля. – Санкт-Петербург: издательство книгопродавца М. О. Вольфа, 1868. 226 с.
6. Кичунов Н. И. Плодовые сортименты. Выбор наиболее подходящих для разведения в промышленных содах сортов плодовых деревьев для различных губерний и местностей Европейской России. – Санкт-Петербург: без изд., 1904. 24 с.
7. Сорта яблок, намечаемых в качестве стандартных для РСФСР // К стандартизации сортов плодовых деревьев и ягодных культур / под общ. ред. проф. В. В. Пашкевича. – Ленинград, 1931. С. 13-18.
8. Госсорт комиссия: Государственный реестр сортов и гибридов сельскохозяйственных растений, допущенных к использованию: офиц. сайт. - URL: <https://gossortrf.ru/registry/?ysclid=mpe0thnpuv464271961> (дата обращения: 20.05.2026).
9. Помология : В 5 томах. Том 1. Яблоня. 2 изд. / под. общ. ред. акад. Е. Н. Седова. – Москва : Российская академия наук, 2020. 634 с. ISBN 978-5-907036-75-8. EDN UQBUBP.
10. Багмет Л. В., Шлявас А. В. Номенклатурные стандарты сортов яблони селекции Павловской опытной станции ВИР // *Vavilovia*. 2021. Т. 4, № 1. С. 3-24. DOI: 10.30901/2658-3860-2021-1-3-24. EDN RUHEXR.
11. Номенклатурные стандарты и генетические паспорта сортов яблони селекции Крымской опытно-селекционной станции ВИР / Л. В. Багмет, И. С. Чепинога, А. А. Трифонова [и др.] // *Садоводство и виноградарство*. 2021. № 6. С. 5-16. DOI 10.31676/0235-2591-2021-6-5-16. EDN YCQZEY.
12. Шлявас А. В., Тележинский Д. Д., Багмет Л. В. Номенклатурные стандарты сортов яблони селекции Свердловской селекционной станции садоводства. Часть 1 // *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2021. Т. 182, № 4. С. 102-107. DOI: 10.30901/2227-8834-2021-4-102-107. EDN JAEFDA.
13. Номенклатурные стандарты и генетические паспорта сортов яблони селекции Северо-Кавказского федерального научного центра садоводства, виноградарства, виноделия / Е. В. Ульяновская, И. И. Супрун, Т. В. Богданович [и др.] // *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2023. Т. 184, № 4. С. 174-189. DOI: 10.30901/2227-8834-2023-4-174-189. EDN IRGDYU.
14. Номенклатурные стандарты летних сортов яблони орловской селекции / Л. В. Багмет, А. М. Галашева, Т. В. Янчук [и др.] // *Vavilovia*. 2025. Т. 8, № 3. С. 3-15. DOI: 10.30901/2658-3860-2025-3-01. EDN MHOVCV.
15. Номенклатурные стандарты сортов яблони селекции Северо-Кавказского ФНЦ садоводства, виноградарства, виноделия / Е. В. Ульяновская, Т. В. Богданович, Е. А. Чернуцкая [и др.] // *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2026. Т. 187, № 1. С. 238-251. DOI: 10.30901/2227-8834-2026-1-014. EDN INCCES.
16. International Code of Nomenclature for Cultivated Plants. 9th ed. / C. D. Brickell, C. Alexander, J. J. Cubey [et al.] // *Scripta Horticulturae*. 2016. № 18. P. 1-190. DOI 10.30901/2658-3860-2022-1-41-70. ISBN 978-94-6261-116-0.
17. Международный кодекс номенклатуры культурных растений. Часть III–VI, Приложение I–IX // *Vavilovia*. 2022. Т. 5, № 1. С. 41-70. DOI 10.30901/2658-3860-2022-1-41-70. EDN MWMHVV.
18. Оценка адаптивности и качества плодов сортов яблони для интенсивных садов / Н. Г. Красова, З. Е. Ожерельева, А. М. Галашева [и др.] // *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2022. Т. 183, № 4. С. 48-59. DOI 10.30901/2227-8834-2022-4-48-59. EDN UEBNEX.
19. Ярмолич С. А., Марудо Г. М. Потенциал зимостойкости сортов яблони зарубежной селекции // *Плодоводство*. 2024. Т. 36. С. 5-11. EDN DCBRMA.
20. Зарипова В. М. Оценка сортообразцов яблони в зависимости от температур весеннего периода в условиях Башкортостана // *Субтропическое и декоративное садоводство*. 2025. № 93. С. 56-65. DOI 10.31360/2225-3068-2025-93-56-65. EDN UZAIUY.
21. Чухина И. Г., Багмет Л. В. Правила подготовки и хранения номенклатурных стандартов сортов вегетативно размножаемых культур (Древесные растения). Санкт-Петербург: ВИР, 2026. 24 с.

22. Широкий унифицированный классификатор СЭВ подсемейства Maloideae родов *Malus* Mill., *Pyrus* L., *Cydonia* Mill. СССР. / сост. Я. С. Нестеров, В. И. Майорова, А. С. Туз [и др.] – Ленинград: ВИР, 1989. 37 с.

References

1. Loskutov IG, Ukhatova YV, Khlestkina EK. VIR: from a small Bureau in the Russian Empire to the present-day National Center for Plant Genetic Resources, *Genetic Resources* [Internet]. 2025 Feb [cited 2026 May 20];(S2):58–69. Available from: <https://doi.org/10.46265/genresj.EVEF5522>.
2. Khlestkina EK. Genetic resources in Russia: from collections to bioresource centers. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2022;183(1):9?30. (In Russ.). Available from: <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2022-1-9-30>. EDN: DSLEEW.
3. [Kochin GE. *Agriculture in Rus' during the formation of the Russian centralized state. Late 13th – early 16th centuries*. Moscow: Nauka Publ.; 1965]. (In Russ.).
4. [Bolotov A. Fruit growing in Russia: materials and research. Issue 3: Images and descriptions of different breeds of apples and pears born in Dvoreninovsky, and partly in other gardens: extract from the manuscript under the above title, compiled by A.S. Grebnitsky / drawn and described by Andrei Bolotov in Dvoreninov from 1797 to 1801; preface by A.S. Grebnitsky. St. Petersburg: V. Kirshbaum's Printing House; 1900]. (In Russ.).
5. [Regel EL. *Russian pomology, or Description of the characteristics and methods of cultivation of fruit plant varieties growing in the northern, central and southeastern provinces of Russia. Parts 1-2*. St. Petersburg: Wolf MO Publ., 1868]. (In Russ.).
6. [Kichunov NI. *Fruit Assortments. Selecting the Most Suitable Fruit Tree Varieties for Cultivation in Industrial Sodas for Various Provinces and Localities of European Russia*. St. Petersburg: [publisher unknown]; 1904]. (In Russ.).
7. [Pashkevich VV, editor. Varieties of apples intended as standard for the RSFSR. In: *Towards standardization of varieties of fruit trees and berry crops*. Leningrad: [publisher unknown]; 1931. p. 13-8]. (In Russ.).
8. State register of agricultural plant varieties and hybrids approved for use [Internet]. 2026 Jan 15 [cited 2026 May 20]. Available from: <https://gossortrf.ru/registry/?ysclid=mpe0thnpuv464271961> / Russian].
9. [Sedov EN, editor. *Pomology. 2nd ed. Vol. 1, Apple tree*. Moscow: Russian Academy of Sciences Publ.; 2020]. (In Russ.). ISBN: 978-5-907036-75-8. EDN: UQBUBP.
10. Bagmet LV, Shlyavas AV. Nomenclatural standards of apple cultivars bred at the Pavlovsk experiment station of VIR. *Vavilovia*. 2021;4(1):3-24. (In Russ.). Available from: <https://doi.org/10.30901/2658-3860-2021-1-3-24>. EDN: RUHEXR.
11. Bagmet LV, Chepinoga IS, Trifonova AA, et al. Nomenclature standards and DNA barcoding of apple varieties originated by VIR Crimean Experimental Breeding Station. *Horticulture and viticulture*. 2021;(6):5-16. (In Russ.). Available from: <https://doi.org/10.31676/0235-2591-2021-6-5-16>. EDN: YCQZEY.
12. Shlyavas AV, Telezhinskiy DD, Bagmet LV. Nomenclatural standards of apple cultivars developed at Sverdlovsk Horticultural Breeding Station. Part I. *Proceedings on applied botany, genetics and breeding*. 2021;182(4):102-7. (In Russ.). Available from: <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2021-4-102-107>. EDN: JAEFDA.
13. Ulyanovskaya EV, Suprun II, Bogdanovich TV, et al. Nomenclatural standards and genetic certificates for apple-tree cultivars developed at the North Caucasian Federal Scientific Center of Horticulture, Viticulture, wine-making. *Proceedings on applied botany, genetics and breeding*. 2023;184(4):174-89. (In Russ.). Available from: <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2023-4-174-189>. EDN: IRGDYU.
14. Bagmet LV, Galasheva AM, Yanchuk TV, et al. Nomenclatural standards of summer apple cultivars bred in Oryol. *Vavilovia*. 2025;8(3):3-15. (In Russ.). Available from: <https://doi.org/10.30901/2658-3860-2025-3-o1>. EDN: MHOGCV.
15. Ulyanovskaya EV, Bogdanovich TV, Chernutskaya EA, et al. Nomenclatural standards for apple-tree cultivars developed at the North Caucasian Federal Scientific Center of Horticulture, Viticulture, Wine-making. *Proceedings on applied botany, genetics and breeding*. 2026;187(1):238-51. (In Russ.). Available from: <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2026-1-o14>. EDN: INCCES.

16. Brickell CD, Alexander C, Cubey JJ, et al. International Code of Nomenclature for Cultivated Plants. 9th ed. *Scripta Horticulturae* [Internet]. 2016 Jun [cited 2026 May 25];(18):1-190. Available from: <https://doi.org/10.30901/2658-3860-2022-1-41-70> English. ISBN: 978-94-6261-116-0.
17. Chukhina IG, Miftakhova SR, Dorofeyev VI, translators. Transl. of: «International Code of Nomenclature for Cultivated Plants. Ed. 9. *Scripta Horticulturae*. 2016;18:I-XVII+1-190». *Vavilovia*. 2022;5(1):41-70. (In Russ.). Available from: <https://doi.org/10.30901/2658-3860-2022-1-41-70>. EDN: MWMHVV.
18. Krasova NG, Ozherelieva ZE, Galasheva AM, et al. Assessment of adaptability and fruit quality in new apple cultivars for intensive orchards. *Proceedings on applied botany, genetics and breeding*. 2022;183(4):48-59. (In Russ.). Available from: <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2022-4-48-59>. EDN: UEBNEX.
19. Yarmolich SA, Marudo GM. Winter hardiness potential of apple tree varieties of foreign selection. *Fruit Growing*. 2024;(36):5-11. (In Russ.). EDN: DCBRMA.
20. Zaripova VM. Evaluation of apple tree cultivar-samples depending on spring temperatures in Bashkortostan. *Subtropical and ornamental horticulture*. 2025;(93):56-65. (In Russ.). Available from: <https://doi.org/10.31360/2225-3068-2025-93-56-65>. EDN UZAIUY.
21. [Chukhina IG, Bagmet LV. *Rules for preparation and preservation of nomenclatural standards for cultivars of vegetatively propagated crops (Woody plants)*. St. Petersburg: VIR Publ.; 2026]. (In Russ.).
22. [Nesterov YaS, Mayorova VI, Tuz AS, et al., comp. *The International COMECON List of descriptors for the subfamily Maloideae (genera Malus Mill., Pyrus L., Cydonia Mill)*. Leningrad: VIR Publ.; 1989]. (In Russ.).

Информация об авторах

А. В. Шлявас – младший научный сотрудник;

Г. В. Таловина – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник;

Ю. В. Ухатова – кандидат биологических наук, первый заместитель директора.

Вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторы принимают условия Договора по передаче авторских прав на статью и ее публикации.

Статья поступила в редакцию 19.06.2026; одобрена после рецензирования 24.07.2026; принята к публикации 30.07.2026.

Information about the authors

A.V. Shlyavas – junior research fellow;

G.V. Talovina – PhD (Biology), Senior researcher;

Yu.V. Ukhatova – PhD (Biology), first deputy director.

Contribution of the authors: The authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

The authors accept the terms of the Agreement on the transfer of copyright for the article and its publication.

The article was submitted to the editorial office on 22.05.2026; approved after review 24.06.2026; accepted for publication 30.07.2026.



Научная статья

УДК 633.39:581.19:631.559

https://doi.org/10.54258/20701047_2026_63_3_104

Комплексная оценка хозяйственно-биологических показателей *Amaranthus cruentus* L. в условиях предгорий РСО–Алания

Лариса Черменовна Гагиева¹, Лейла Важаевна Чкареули^{2✉},
Асланбек Хасанович Козырев³

^{1,3}Горский государственный аграрный университет, Владикавказ, Россия

²Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технический университет), Владикавказ, Россия

¹laragagieva@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0566-7854>

²chkareuli.leila@mail.ru[✉], <https://orcid.org/0009-0003-0543-2937>

³ironlag@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2790-7895>

Аннотация. Предгорная зона РСО–Алания характеризуется благоприятными агроклиматическими условиями, что создает предпосылки для успешного возделывания высокопродуктивных кормовых культур, в том числе амаранта. Высокая экологическая пластичность и широкий адаптационный потенциал, а также значительная урожайность, высокие кормовые достоинства и устойчивость к болезням и вредителям позволяют использовать виды амаранта в фармацевтической промышленности, кормопроизводстве и других отраслях. Исследовательская работа осуществлялась на экспериментальном участке НИИ биотехнологии ФГБОУ ВО Горский ГАУ. В качестве объектов исследования были взяты коллекционные образцы амаранта, собранные в стадии массового цветения и плодоношения. Установлено, что в среднем урожайность зеленой массы за годы исследований составила $(767,8 \pm 9,0)$ ц/га. Максимальное развитие ассимиляционной поверхности (площадь листьев – $143,61$ тыс. м²/га) отмечено в фазу созревания семян, при этом фотосинтетический потенциал составил $1364,52$ тыс. м²·сут./га. Образцы *A. cruentus* L. (К-10) характеризовались высокой стабильностью ($CV < 1\%$) химического состава в сухом веществе: сырой протеин – $(17,42 \pm 0,01)\%$, клетчатка – $(20,16 \pm 0,007)\%$, зола – $(16,26 \pm 0,008)\%$, жир – $(2,86 \pm 0,007)\%$, БЭВ – $(43,29 \pm 0,02)\%$, кальций – $(1,17 \pm 0,004)\%$. Образцы амаранта рода *A. cruentus* L. (К-10) благодаря богатому химическому составу являются ценным биологическим ресурсом для использования в качестве кормовой культуры.

Ключевые слова: биологические ресурсы, *Amaranthus cruentus*, амарант, урожайность, фотосинтетический потенциал, химический состав, корреляционный анализ, продуктивность

Для цитирования: Гагиева Л.Ч., Чкареули Л.В., Козырев А.Х. Комплексная оценка хозяйственно-биологических показателей *Amaranthus cruentus* L. в условиях предгорий РСО–Алания // Известия Горского государственного аграрного университета. 2026. Т. 63, № 3. С. 104–112. https://doi.org/10.54258/20701047_2026_63_3_104

Scientific article

Comprehensive assessment of the economic and biological parameters of *Amaranthus cruentus* L. in the conditions of the foothills of the Republic of North Ossetia–Alania

Larisa Ch. Gagieva¹, Leila V. Chkareuli^{2✉}, Aslanbek Kh. Kozyrev³

^{1,3}Gorsky State Agrarian University, Vladikavkaz, Russia

²North Caucasus Mining and Metallurgical Institute, Vladikavkaz, Russia

¹laragagieva@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0566-7854>

²chkareuli.leila@mail.ru[✉], <https://orcid.org/0009-0003-0543-2937>

³ironlag@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2790-7895>

Abstract. The foothill zone of the Republic of North Ossetia-Alania is characterized by favorable agro-climatic conditions, which creates prerequisites for the successful cultivation of highly productive fodder crops, including amaranth. High ecological plasticity and a wide adaptive potential, as well as significant yield, high nutritional value, and resistance to diseases and pests allow the use of amaranth species in the pharmaceutical industry, fodder production, and other sectors. The research was conducted at the experimental site of the Scientific Research Institute of Biotechnology of the Gorsky State Agrarian University. Collection samples of amaranth collected at the stage of mass flowering and fruiting were taken as objects of study. It was established that the average green mass yield over the years of research amounted to $(767,8 \pm 9,0)$ cwt/ha. The maximum development of the assimilation surface (leaf area – 143,61 thousand m^2/ha) was noted during the seed ripening phase, while the photosynthetic potential reached 1364.52 thousand $\text{m}^2 \cdot \text{day}/\text{ha}$. Samples of *A.cruentus* L. (K-10) were characterized by high stability ($\text{CV} < 1\%$) of their chemical composition in dry matter: crude protein – $(17,42 \pm 0,01)\%$, fiber – $(20,16 \pm 0,007)\%$, ash – $(16,26 \pm 0,008)\%$, fat – $(2,86 \pm 0,007)\%$, nitrogen-free extractives (NFE) – $(43,29 \pm 0,02)\%$, calcium – $(1,17 \pm 0,004)\%$. Thanks to their rich chemical composition, amaranth samples of the genus *A.cruentus* L. (K-10) are a valuable biological resource for use as a fodder crop.

Keywords: biological resources, *Amaranthus cruentus*, amaranth, yield, photosynthetic potential, chemical composition, correlation analysis, productivity

For citation: Gagieva LCh, Chkareuli LV, Kozyrev AKh. Comprehensive assessment of economic and biological indicators of *Amaranthus cruentus* L. in the conditions of the foothills of the Republic of North Ossetia–Alania. *Proceedings of Gorsky State Agrarian University*. 2026;63(Pt3):104-112. (In Russ.). Available from: https://doi.org/10.54258/20701047_2026_63_3_104

Введение. Одним из эффективных подходов к минимизации дефицита кормового белка и укреплению кормовой базы является введение в культуру новых видов растений с заданными характеристиками (высокая урожайность, кормовые достоинства, устойчивость к стрессам) – важная задача сельскохозяйственной промышленности. По своей биологической ценности, составляющей 75 % относительно идеального белка, белок амаранта превосходит многие культурные растения и близок белку коровьего молока (72 %) [1; 2].

В условиях Республики Северная Осетия–Алания некоторые сортообразцы *Amaranthus* L. характеризуются высоким потенциалом биологической продуктивности надземной массы. У образцов К-63 и К-51 площадь листовой пластины в стадии плодоношения максимальная и составила 148,8 - 147,08 тыс. $\text{м}^2/\text{га}$, максимальная сумма ФП определена в образцах ВР-99 и К-63 от 2072 до 2272 млн. $\text{м}^2 \cdot \text{сут.}/\text{га}$. Анализ фотосинтетической деятельности (площадь листовой поверхности, фотосинтетический потенциал, ЧПФ) свидетельствует о высокой эффективности использования фотосинтетически активной радиации (ФАР) в условиях данного региона [3]. Применение удобрений повышает содержание питательных элементов в зеленой массе амаранта: азота – на 0,27 % - 0,71 %, фосфора – на 0,02 % - 0,23 %, калия – на 0,07 % - 0,21 % [4].

Принадлежность амаранта к культурам с С4-типом фотосинтеза определяет специфику его фотосинтетического аппарата, характеризующегося повышенной интенсивностью ассимиляции диоксида углерода и высокой эффективностью газообмена в сравнении с С3-видами. Тем не менее для нормального развития растений необходимо оптимальное сочетание эдафических факторов, температурного режима и влагообеспеченности. При отсутствии одного из вышеперечисленных факторов качество жизни растения снизится.

Среди многообразия видов *Amaranthus* амарант метельчатый выделяется не только своей способностью адаптации к разнообразным климатическим и почвенным условиям, но и высокой кормо-

вой ценностью. Продуктивно развивается как в засушливых, так и в влажных районах, проявляя толерантность к различным факторам окружающей среды. Благодаря глубокой корневой системе амарант метельчатый засухоустойчив [4].

На кормовые показатели оказывают влияние генотип, фенологическая фазы и условия возделывания [6-8]. В надземной массе *A. cruentus* содержание сырого протеина колеблется в пределах 10,0 % - 27,0 % в зависимости от фазы развития [9-10], а на минеральном фоне достигает 21,8 % [11].

В связи с этим, основываясь на вышеизложенном, исследования, связанные с определением химического состава, являются актуальными.

Цель исследований состоит в комплексной оценке надземной биомассы и способности формирования высокой урожайности коллекционных образцов амаранта (*A. cruentus* L.) в условиях предгорий РСО–Алания.

Материалы и методы исследования. Материалом для изучения стали коллекционные образцы амаранта метельчатого (*A. cruentus* L.), отобранные в фазе полного цветения. Изучение морфологических и биологических характеристик проводилось в течение вегетационного периода. Проводились морфометрические и фенологические исследования, анализ динамики площади листьев и урожайности зеленой массы образцов амаранта (*A. cruentus* L.). Полевые опыты проводили в 2022-2024 годах на опытных участках НИИ Биотехнологии ФГБОУ ВО Горский ГАУ [13]. Площадь листовой поверхности определяли методом высечек по общепринятой методике в фазы цветения и созревания семян. Фотосинтетический потенциал (ФП) рассчитывали по формуле А. А. Ничипоровича [13].

Почва опытного участка – чернозем выщелоченный тяжелосуглинистый. Агрохимическая характеристика пахотного слоя (0-20 см): содержание гумуса – 5,8 %; pH солевой вытяжки – 5,9; содержание подвижного фосфора (по Мачигину) – 18,5 мг/кг; обменного калия – 210 мг/кг; азота легкогидролизуемого – 125 мг/кг.

Климат предгорной зоны РСО–Алания умеренно-континентальный с мягкой зимой и теплым летом. Среднегодовая температура воздуха составляет +8,7 °С. Сумма активных температур выше +10 °С – 3050 °С - 3200 °С. Продолжительность безморозного периода – 185 дней. Среднегодовое количество осадков – 650 мм, с неравномерным распределением по месяцам.

Для оценки взаимосвязей между показателями применяли корреляционный анализ Пирсона с расчетом коэффициента корреляции (r) и уровня его значимости (p).

Критический уровень значимости при проверке статистических гипотез принимали равным $p < 0,05$.

Результаты исследований и их обсуждение. Фенологические показатели *A. cruentus* L. проводили в открытом грунте предгорий РСО–Алания.

Динамика продуктивности *A. cruentus* характеризуется высокой стабильностью, в среднем за годы исследований урожайность зеленой массы варьирует от 752,48 ц/га (2023 г.) до 783,49 ц/га (2024 г.). Минимальное значение коэффициента вариации ($CV = 2,03 \%$) свидетельствует о высокой устойчивости образцов *A. cruentus* К-10 к межгодовым колебаниям метеоусловий. Отсутствие статистически достоверных различий между годами исследований ($p > 0,05$) подтверждает высокую экологическую пластичность данного образца и его потенциал для гарантированного получения высоких урожаев кормовой массы.

Динамика фотосинтетической деятельности образцов *A. cruentus* К-10 (рис. 1) свидетельствует об интенсивном наращивании ассимиляционной поверхности в течение вегетации. Установлено, что площадь листовой поверхности увеличивается с 83,81 тыс. м²/га в фазу цветения до 143,61 тыс. м²/га в фазу созревания семян. Что говорит о формировании мощного ассимиляционного аппарата, способного эффективно утилизировать солнечную энергию. Максимальная площадь листьев, достигнутая к фазе созревания, более чем в 1,7 раза превышает аналогичный показатель в фазу цветения.

Фотосинтетический потенциал является интегральным показателем работы листового аппарата за вегетацию. Рассчитанная величина ФП составила 1364,52 тыс. м²·сут/га, что является высоким показателем, характеризующим интенсивную продукционную деятельность агроценоза.

Результаты химического анализа образцов зеленой массы *Amaranthus cruentus* К-10 представлены на рис. 2.

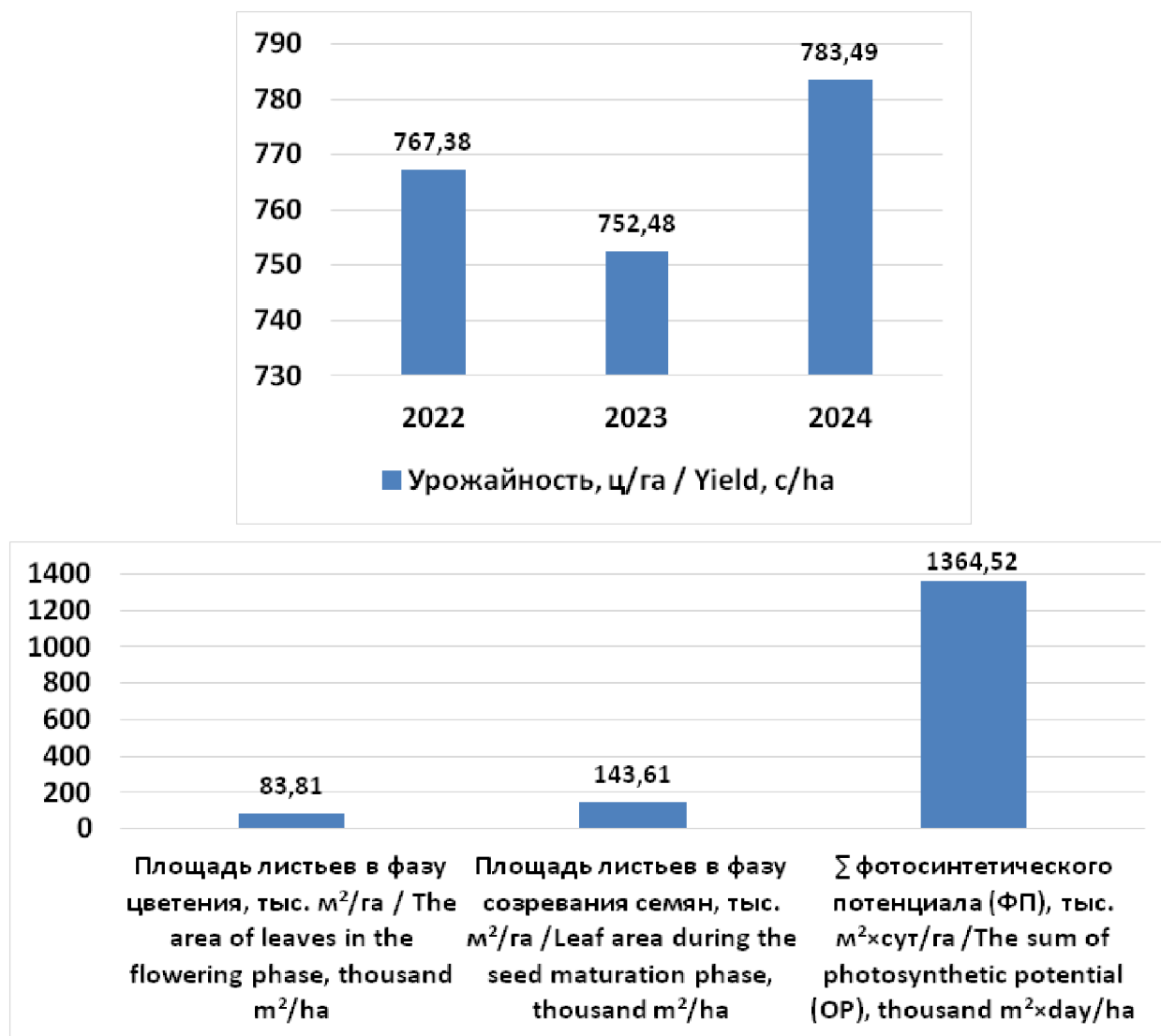


Рис. 1. Биопродуктивность и фотосинтетическая деятельность посевов *Amaranthus cruentus* (в среднем за годы исследований):

- а) динамика урожайности зеленой массы, ц/га;
 б) показатели фотосинтетического аппарата (площадь листьев, тыс. м²/га; фотосинтетический потенциал, тыс. м²×сут/га).

Fig. 1. Bioproductivity and photosynthetic activity of *Amaranthus cruentus* K-10 (average for the years of research):

- a) dynamics of green mass yield, c/ha;
 b) indices of the photosynthetic apparatus (leaf area, thousand m²/ha; photosynthetic potential, thousand m²×days/ha)

Источник: составлено авторами на основании данных исследований.

Source: compiled by the authors based on research data.

Применение статистического анализа химического состава в пересчете на абсолютно сухое вещество (рис. 3, табл. 1) позволил выявить различную степень изменчивости признаков. Накопление сухого вещества характеризуется высокой вариабельностью ($C_v = 20,54\%$), что указывает на пластичность сорта и его реакцию на условия вегетации. Все качественные показатели (в пересчете на абсолютно сухое вещество) характеризуются низкой вариабельностью: коэффициенты вариации для сырого протеина, клетчатки, золы, жира, БЭВ и кальция не превышали 1 %, что подтверждает высокую генетическую стабильность образца (К-10) по основным биохимическим признакам.

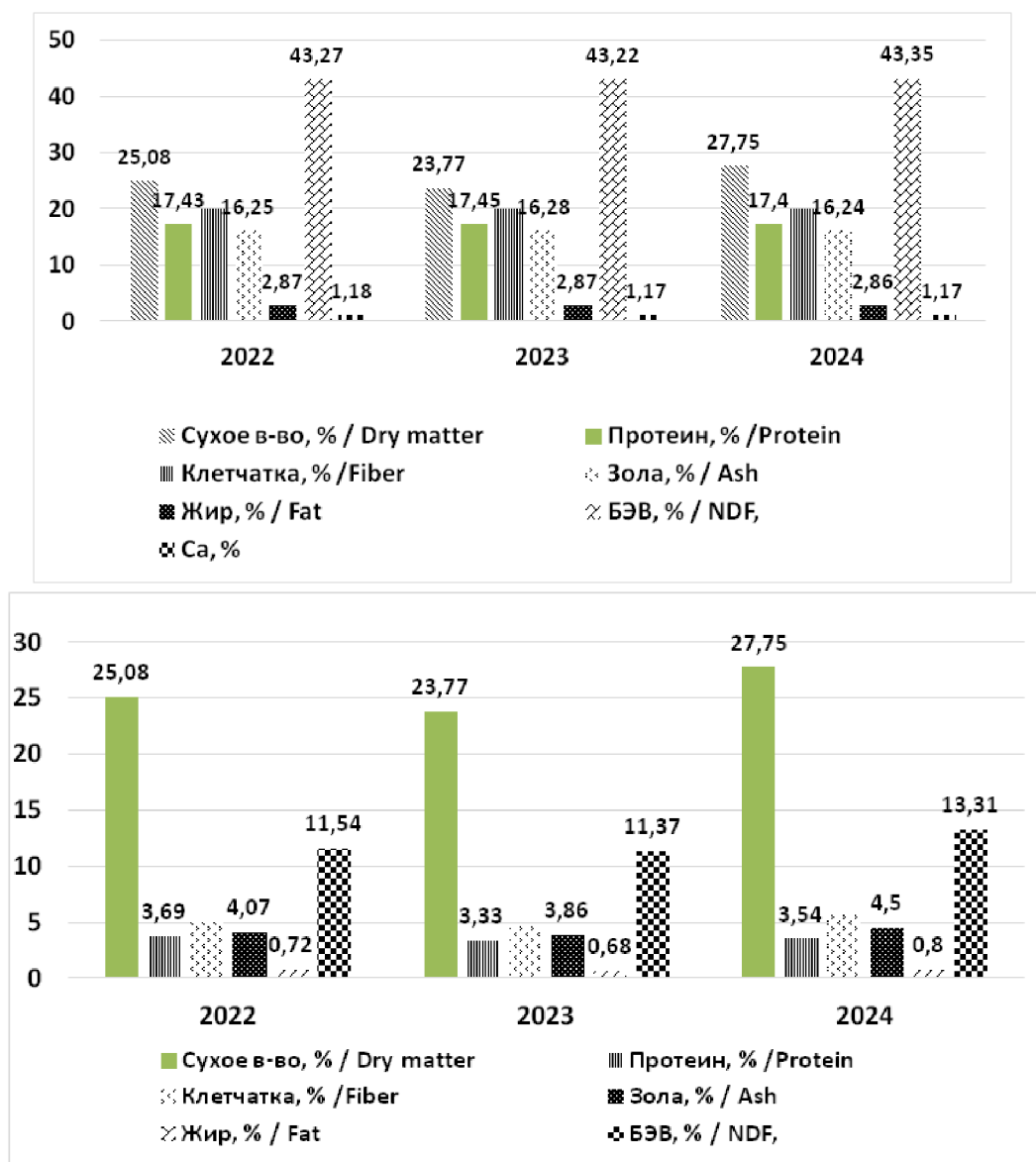


Рис. 2. Химический состав зеленой массы *Amaranthus cruentus* K-10:
а) в абсолютно сухом веществе; б) в натуральном состоянии
Fig. 2. Chemical composition of the green mass of *Amaranthus cruentus* K-10:
a) in absolutely dry matter; b) in natural state

Источник: составлено авторами на основании данных исследований.

Source: compiled by the authors based on research data

Расчет коэффициентов корреляции Пирсона показал, что между содержанием сухого вещества и основными биохимическими компонентами в зеленой массе отмечены достоверные взаимосвязи (табл. 1). Установлена сильная положительная связь сухого вещества с БЭВ ($r = 0,91$) и выраженная отрицательная зависимость с содержанием протеина и золы ($r = -0,88$).

Выявлена отрицательная корреляция между содержанием золы и БЭВ ($r = -0,90$). Наиболее сильная связь – между содержанием сырой клетчатки и кальция ($r = -0,97$).

Высокая адекватность модели подтверждается коэффициентом детерминации $R^2 = 0,94$ (94 % вариации кальция объясняется изменением содержания клетчатки) и критерием Фишера $F(1,3) = 47,3$ при $p = 0,006$. Стандартная ошибка оценки составила всего 0,002. Данная модель показывает, что снижение содержания клетчатки на 0,1 % сопровождается увеличением содержания кальция на 0,015 % в сухом веществе.

Результаты однофакторного дисперсионного анализа подтвердили различную степень зависимости биохимических признаков от внешних факторов. Сильное влияние фактора отмечено для накопления сухого вещества (96,9 %, $p < 0,01$) и БЭВ (86,3 %, $p = 0$), что указывает на их высокую экологическую пластичность. Для протеина, клетчатки, золы и жира различия между образцами не достигли статистической значимости ($p > 0,05$).

На основе данных химического состава и урожайности рассчитаны энергетическая ценность и выход питательных веществ с единицы площади (рис. 3).

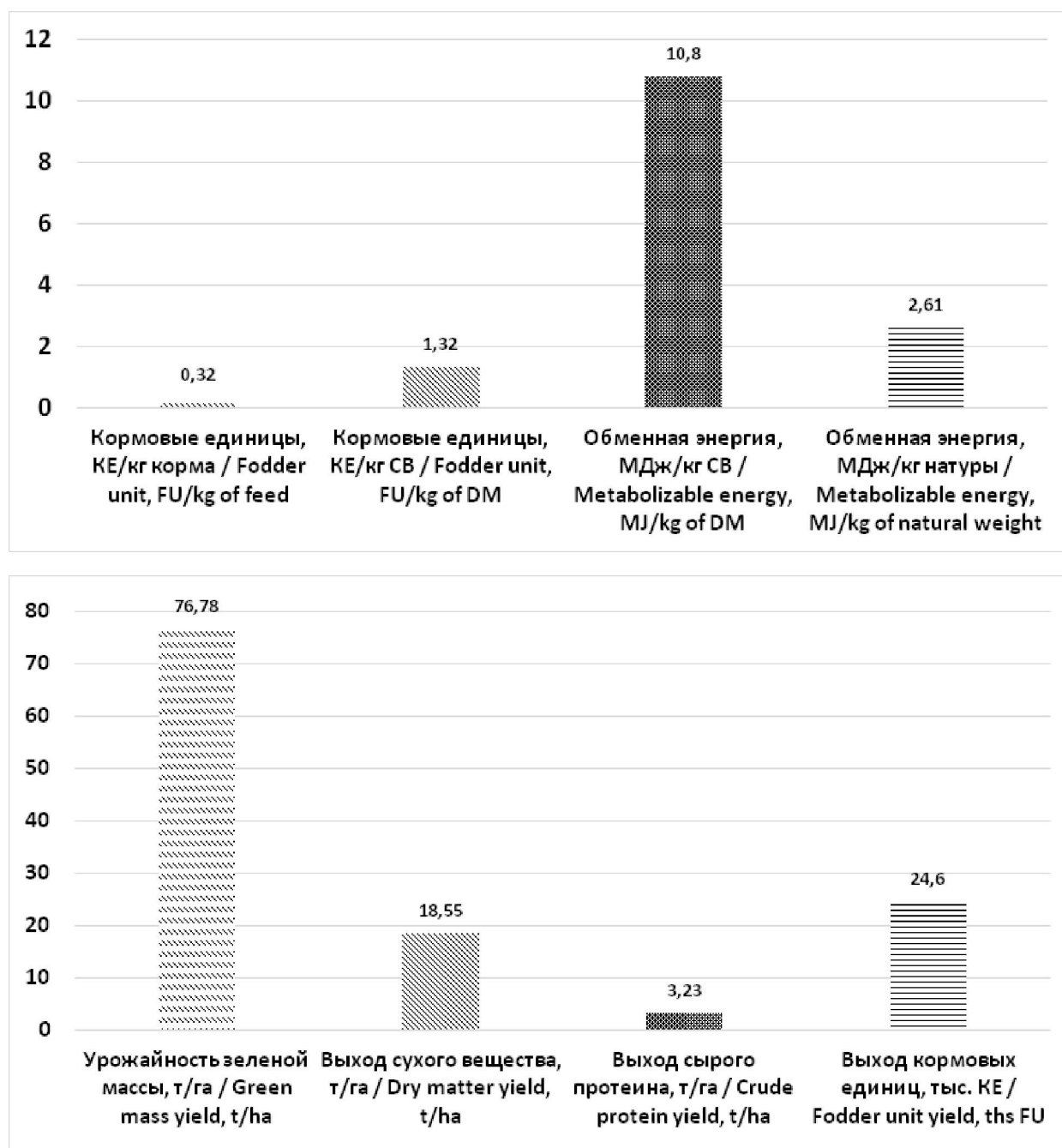


Рис. 3. Энергетическая ценность зеленой массы и выход питательных веществ с 1 га посевов *Amaranthus cruentus* K-10 (среднее за 2022-2024 гг.)

Fig. 3. Energy value of green mass and nutrient yield from 1 hectare of *Amaranthus cruentus* K-10 crops (average for 2022-2024)

Источник: составлено авторами на основании данных исследований.

Source: compiled by the authors based on research data.

Таблица 1. Статистические показатели химического состава *A. cruentus* К-10 (в сухом веществе)
Table 1. Statistical indicators of the chemical composition of *A. cruentus* K-10 (in dry matter)

Показатель/Indicator	M ± m	σ	C _v , %	Min	Max	95% ДИ
Сухое вещество, % / Dry matter, %	24,15 ± 2,22	4,96	20,54	16,77	27,75	18,00–30,30
Протеин, % / Protein, %	17,42 ± 0,01	0,03	0,18	17,38	17,45	17,38–17,46
Клетчатка, % / Fiber, %	20,16 ± 0,007	0,015	0,07	20,15	20,18	20,14–20,18
Зола, % / Ash, %	16,26 ± 0,008	0,018	0,11	16,24	16,28	16,24–16,28
Жир, % / Fat, %	2,86 ± 0,007	0,015	0,54	2,84	2,88	2,84–2,88
БЭВ, % / NDF, %	43,29 ± 0,02	0,06	0,13	43,22	43,35	43,21–43,37
Кальций, % / Calcium, %	1,17 ± 0,004	0,008	0,71	1,16	1,18	1,16–1,18

Примечание: M – среднее арифметическое; m – стандартная ошибка среднего; σ – среднеквадратичное отклонение; C_v – коэффициент вариации; 95% ДИ – 95%-й доверительный интервал; БЭВ – безазотистые экстрактивные вещества.

Note: M – arithmetic mean; m – standard error of the mean (SEM); σ – standard deviation (SD); C_v – coefficient of variation (CV); 95% CI – 95% confidence interval ; NFE – nitrogen-free extractives

Источник: составлено авторами на основании данных исследований.

Source: compiled by the authors based on research data.

Заключение

В среднем урожайность зеленой массы амаранта *Amaranthus cruentus* L за годы исследований составила (767,8 ± 9,0) ц/га. Максимальное развитие ассимиляционной поверхности (площадь листьев – 143,61 тыс. м²/га) отмечено в фазу созревания семян, при этом фотосинтетический потенциал составил 1364,52 тыс. м²×сут./га. Образцы *Amaranthus cruentus* L. (К-10) характеризовались высокой стабильностью (CV < 1%) химического состава в сухом веществе: сырой протеин – (17,42 ± 0,01) %, клетчатка – (20,16 ± 0,007) %, зола – (16,26 ± 0,008) %, жир – (2,86 ± 0,007) %, БЭВ – (43,29 ± 0,02) %, кальций – (1,17 ± 0,004) %. Образцы амаранта рода *Amaranthus cruentus* L (К-10) благодаря своим уникальным свойствам являются ценным биологическим ресурсом для использования в качестве кормовой культуры и включение ее в агрофитоценоз предгорной зоны Северной Осетии позволит получить качественный корм.

Список источников

1. Хозяйственно-биологические показатели продуктивности разных образцов амаранта *Amaranthus hypochondriacus* L. в условиях предгорий РСО-Алания / Л. Ч. Гагиева, Л. В. Чкареули, Х. М. Хетагуров [и др.] // Известия Горского государственного аграрного университета. 2024. Т. 61-3. С. 70-76. DOI 10.54258/20701047_2024_61_3_70. EDN AKFDPW.

2. Магомедмирзоева Р. Г., Гинс М. С., Дадашев М. Н. Физико-химический анализ и биохимический состав амаранта, интродуцированного в Дагестане // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2019. Т. 14, № 3. С. 185-195. DOI 10.22363/2312-797X-2019-14-3-185-195. EDN ZRNKYK.

3. Влияние абиотических факторов на адаптивные особенности образцов амаранта *Amaranthus cruentus* L / Л. В. Чкареули, Л. Ч. Гагиева, Б. Г. Цугкиев [и др.] // Экологическая безопасность и сохранение генетических ресурсов растений и животных России и сопредельных территорий : Материалы XIV Всероссийской научной конференции с международным участием, Владикавказ, 13–18 мая 2023 года. Владикавказ: Северо-Осетинский государственный университет имени К.Л. Хетагурова, 2023. Т. 1. С. 250-256. EDN OMLREW.

4. Химический состав и качество зеленой массы амаранта в зависимости от удобрений / С. Х. Дзанагов, А. Г. Ваниев, Б. С. Калоев [и др.] // Известия Горского государственного аграрного университета. 2026. Т. 63, № 1. С. 45-54. https://doi.org/10.54258/20701047_2026_63_1_45. EDN LGAHCF.
5. Влияние различных доз иловых осадков на морфолого-фенологические особенности амаранта (*Amaranthus cruentus*) / М. М. Макенова, А. П. Науанова, М. Б. Бостубаева [и др.] // Вестник СКУ им. М. Козыбаева. 2021. № 2(51). С. 138-144. DOI 10.54596/2309-6977-2021-2-138-144. – EDN QQBXXI.
6. Амарант (*Amaranthus L.*): химический состав и перспективы интродукции на севере / Г. А. Волкова, Т. И. Ширшова, И. В. Бешлей [и др.] // Известия Коми НЦ УрО РАН. 2017. № 3 (31). С. 15-23. EDN ZRBRLN.
7. Компонентный состав семян *Amaranthus caudatus* и *A. Paniculatus* (Amaranthaceae) (Республика Коми) / Г. А. Волкова, Т. И. Ширшова, И. В. Бешлей [и др.] // Растительные ресурсы. 2017. Т. 53, № 1. С. 126-134. – EDN YJNGCZ.
8. Слонов Л. Х., Шугушева Л. Х. Содержание белка и аминокислот в органах растений амаранта // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 2-1. С. 577. EDN UHXFEP.
9. Stordahl J. L., DiCostanzo A., Sheaffer C. C. Variety and maturity affect amaranth forage yield and quality // Journal of Production Agriculture. 1999. Vol. 12. No. 2. P. 249-253. <https://doi.org/10.2134/jpa1999.0249>
10. Щербань А. Б. Физиолого-биохимические и генетические основы селекции амаранта (*Amaranthus L.*) для пищевых и кормовых целей (обзор) // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2020. Т. 181, № 4. С. 213-221. DOI 10.30901/2227-8834-2020-4-213-221. EDN ENKNTC.
11. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. 4-е изд., перераб. и доп.. Москва : Издательство «Колос», 1979. 416 с. EDN ZJQGMV.
12. Ничипорович А. А. Фотосинтез и теория получения высоких урожаев : Доложено на пятнадцатом ежегодном Тимирязевском чтении 4 июня 1954 г. Т. XV. Москва : Издательство Академии наук СССР, 1956. 94 с. – EDN QWNLVM.

References

1. Gagieva LCh, Chkareuli LV, Khetagurov KhM, et al. Commercial-biological indicators of performance of different samples of amaranth *Amaranthus hypochondriacus* L. in the foothills of North Ossetia-Alania. *Proceedings of Gorsky State Agrarian University*. 2024;61(Pt3):70-6. (In Russ.). Available from: https://doi.org/10.54258/20701047_2024_61_3_70. EDN: AKFDPW.
2. Magomedmirzoeva RG, Gins MS, Dadashev MN. Physical and chemical analysis and biochemical composition of amaranth introduced in Dagestan. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Indus tries*. 2019;14(3):185-95. (In Russ.). Available from: <https://doi.org/10.22363/2312-797X-2019-14-3-185-195>. EDN: ZRNKYK.
3. Chkareuli LV, Gagieva LCh, Tsugkiev BG, et al. Influence of abiotic factors on the adaptive features of amaranth samples *Amaranthus cruentus* L. In: [*Environmental safety and conservation of genetic resources of plants and animals in Russia and adjacent territories : Materials of the 14th All-Russian Scientific Conference with International Participation; 2023 May 13-18; Vladikavkaz*]. Vladikavkaz: North Ossetian State University named after K.L. Khetagurov; 2023. Vol. 1. p. 250-6. (In Russ.). EDN: OMLREW.
4. Dzanagov SKh, Vaniev AG, Kaloev BS, et al. Chemical composition and quality of green mass of amaranth depending on fertilizers. *Proceedings of Gorsky State Agrarian University*. 2026;63(Pt1):45-54. (In Russ.). Available from: https://doi.org/10.54258/20701047_2026_63_1_45. EDN: LGAHCF.
5. Makenova MM, Nauanova AP, Bostubaeva MB, et al. Influence of different doses of sewage sludge on the morphological-phenological features of amaranth (*Amaranthus cruentus*). *Bulletin of the M. Kozymbayev NKU*. 2021;2(51):138-44. (In Kazakh.). Available from: <https://doi.org/10.54596/2309-6977-2021-2-138-144>. EDN: QQBXXI.
6. Volkova GA, Shirshova TI, Beshley IV, et al. *Amaranth* (*Amaranthus L.*): chemical composition and perspectives of introduction in the north. *Proceedings of the Komi Science Centre of the Ural Division of the Russian Academy of Sciences*. 2017;3(31):15-23. (In Russ.). EDN: ZRBRLN.

7. Volkova GA, Shirshova TI, Beshley IV, et al. Component composition of *Amaranthus caudatus* and *A. Paniculatus* (Amaranthaceae) seeds (The Komi Republic). *Rastitelnye resursy*. 2017;53(1):126-34. EDN: YJNGCZ.
8. Slonov LKh, Shugusheva LKh. Contents of protein and amino acid in the Amaranth plant organs. [*Modern Problems of Science and Education*. 2015;(2-1):577]. EDN: UHXFEP.
9. Stordahl JL, DiCostanzo A, Sheaffer CC. Variety and maturity affect amaranth forage yield and quality. *Journal of Production Agriculture* [Internet]. 1999 [cited 2026 Apr 25];12(2):249-53. Available from: <https://doi.org/10.2134/jpa1999.0249> English.
10. Shcherban AB. Physiological, biochemical and genetic bases of amaranth (*Amaranthus* L.) breeding for food and feed purposes (a review). *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2020;181(4):213-21. (In Russ.). Available from: <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2020-4-213-221>. EDN: ENKNTC.
11. [Dospekhov BA. *Field experimentation Statistical procedures*. 4th ed., rev. and expand. Moscow: Kolos Publ.; 1979]. (In Russ.). EDN: ZJQGMV.
12. [Nichiporovich AA. *Photosynthesis and the Theory of High Yields : Presented at the 15th Annual Timiryazev Reading; 1954 Jun 4*. Moscow: USSR Academy of Sciences Publishing House; 1956]. (In Russ.). Vol. 15. EDN: QWNLMV.

Информация об авторах

Л. Ч. Гагиева – доктор биологических наук, профессор;

Л. В. Чкареули – соискатель;

А. Х. Козырев – доктор сельскохозяйственных наук, профессор.

Вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 06.05.2026; одобрена после рецензирования 07.07.2026; принята к публикации 14.07.2026.

Information about the authors

L. Ch. Gagieva – DSc (Biology), Professor;

L. V. Chkareuli – Candidate;

A. Kh. Kozyrev – DSc (Agriculture), Professor.

Contribution of the authors:

All authors have contributed equally to this article. The authors declare that there is no conflict of interest.

The article was submitted to the editorial office on 06.05.2026; approved after review 07.07.2026; accepted for publication 14.07.2026.



Научная статья

УДК 634.75:581.19

https://doi.org/10.54258/20701047_2026_63_3_113

Биохимический состав плодов земляники садовой (*F. × ananassa*) и диких видов *Fragaria* L.

Анастасия Анатольевна Харченко^{1✉}, Виталий Сергеевич Попов²,

Любовь Юрьевна Новикова³

^{1,2,3}Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия

¹akkhara47@yandex.ru✉, <https://orcid.org/0000-0002-3983-0082>

²popovitaly@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3274-7662>

³l.novikova@vir.nw.ru, <https://orcid.org/00000003-4051-3671>

Аннотация. Рост объема производства земляники (*Fragaria* L.) обусловлен ее рентабельностью, повышенным потребительским спросом вследствие высоких вкусовых качеств, уникального аромата, привлекательного внешнего вида, наличия биологически активных компонентов, обладающих доказанной пользой для здоровья. Благодаря постоянно растущей осведомленности потребителей о здоровом питании селекционеры все больше уделяют внимание созданию сортов, которые не только обеспечивают высокую урожайность и транспортабельность, но и обладают превосходными вкусовыми и питательными качествами. Основным объектом исследований по изучению биохимического состава плодов выступают сорта земляники садовой (*Fragaria × ananassa* (Weston) Duchesne ex Rozier). Биохимический состав плодов дикорастущих видов земляники недостаточно изучен. Цель исследования: сравнительный анализ основных биохимических показателей плодов у *F. × ananassa* и дикорастущих видов *Fragaria* L. В 2023–2025 гг. проведен анализ биохимического состава плодов 16 образцов рода *Fragaria* L. из коллекции ВИР, включающих 7 образцов *F. × ananassa*, 6 - диких видов, 3 межвидовых гибрида, выращенных в условиях Северо-Запада РФ. При полном созревании плодов определяли содержание сухого вещества, моно- и дисахаров, общую кислотность, аскорбиновую кислоту, пигменты (хлорофиллы, каротиноиды, антоцианы); дегустационную оценку плодов. Дикие виды превосходили сорта по содержанию сухого вещества, дисахаров, аскорбиновой кислоты, хлорофилла *a*, каротиноидов, β-каротина, и имели более высокую общую кислотность, но меньше антоцианов. Погодные условия значимо влияли только на содержание аскорбиновой кислоты, которое было максимальным в засушливом 2023 г. Дегустационная оценка плодов коррелировала положительно с сахарокислотным коэффициентом и отрицательно с общей кислотностью. Метод главных компонент подтвердил дифференциацию образцов по пигментному профилю и содержанию сухого вещества; образец *F. viridis* (Duchesne) Weston (к-49754) выделился по ряду биохимических показателей и рекомендован для использования в селекционных программах и культивации садоводами-любителями.

Ключевые слова: виды *Fragaria* L., плоды, сахара, общая кислотность, аскорбиновая кислота, пигменты

Благодарности: работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану ВИР по проекту № FGEM-2022-0004 «Совершенствование подходов и методов *ex situ* сохранения и идентифицированного генофонда вегетативно размножаемых культур и их диких родичей, разработка технологий их эффективного использования в селекции».

Для цитирования: Харченко А.А., Попов В.С., Новикова Л.Ю. Биохимический состав плодов земляники садовой (*F. × ananassa*) и диких видов *Fragaria* L. // Известия Горского государственного аграрного университета. 2026. Т. 63, № 3. С. 113-133. https://doi.org/10.54258/20701047_2026_63_3_113

Scientific article

Biochemical composition of fruits of garden strawberry (*Fragaria* × *ananassa*) and wild *Fragaria* L. species

Anastasiia A. Kharchenko^{1✉}, Vitaliy S. Popov², Liubov Yu. Novikova³

^{1,2,3}N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia

¹akkhara47@yandex.ru[✉], <https://orcid.org/0000-0002-3983-0082>

²popovitaly@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3274-7662>

³l.novikova@vir.nw.ru, <https://orcid.org/00000003-4051-3671>

Abstract. The growth in strawberry (*Fragaria* L.) production is determined by its profitability and increased consumer demand for fruits due to their excellent taste, unique aroma, attractive appearance, and the presence of bioactive components with proven health benefits. Due to the ever-growing consumer awareness of healthy nutrition, breeders are increasing their focus on developing cultivars that not only ensure high yields and transportability, but also possess excellent taste and nutritional qualities. The cultivars of garden strawberry (*Fragaria* × *ananassa* (Weston) Duchesne ex Rozier) are the primary object of research into the biochemical composition of their fruits. The biochemical composition of wild strawberry species has been insufficiently studied. Objective of the study: comparison of the main biochemical parameters of fruits of *F.* × *ananassa* and wild *Fragaria* L. species. In 2023–2025, the biochemical composition was analyzed in fruits of 16 *Fragaria* accessions from the VIR collection, including seven accessions of *F.* × *ananassa*, six wild species, and three interspecific hybrids grown in the conditions of the Northwest of the Russian Federation. The fully ripe fruits were used for determining the content of dry matter and sugars, total acidity, the content of ascorbic acid and pigments (chlorophylls, carotenoids, anthocyanins), and for tastassessment of fruits. Principal component analysis revealed the differentiation of wild species and *F.* × *ananassa* accessions based on dry matter content and pigment profile. Wild species surpassed the cultivars in the percentage of dry matter, the content of disaccharides, ascorbic acid, chlorophyll *a*, carotenoids, β-carotene, and had a higher total acidity, but fewer anthocyanins. These differences are due to both the domestication process and different ploidy. Weather conditions significantly influenced only the ascorbic acid content, which was the highest in the dry year of 2023. The tasting assessment of the fruits correlated positively with the sugar-acid ratio and negatively with total acidity. Wild species were found to have accessions with a high sugar-acid ratio, interesting taste notes, and tasting scores comparable to those for *F.* × *ananassa*. An accession of *F. viridis* (Duchesne) Weston (k-49754) stands out for a number of biochemical parameters and can be recommended for use in breeding programs and cultivation by amateur gardeners.

Keywords: *Fragaria* L. species, fruits, sugars, total acidity, ascorbic acid, pigments

Acknowledgment: the work was performed within the frameworks of the State Assignment according to the Theme Plan of VIR, Project No. FGEM-2022-0004 “Improving the approaches and methods for ex situ conservation of the identified genetic diversity of vegetatively propagated crops and their wild relatives, and development of technologies for their effective utilization in plant breeding”.

For citation: Kharchenko AA, Popov VS, Novikova LYu. Biochemical composition of fruits of garden strawberry (*Fragaria* × *ananassa*) and wild *Fragaria* L. species. *Proceedings of Gorsky State Agrarian University*. 2026;63(Pt3):113-133. (In Russ.). Available from: https://doi.org/10.54258/20701047_2026_63_3_113

Введение. Рост объема производства земляники (*Fragaria* L.) обусловлен ее рентабельностью, повышенным потребительским спросом вследствие высоких вкусовых качеств, уникального аромата, наличия биологически активных компонентов, обладающих доказанной пользой для здоровья, включая антиоксиданты и противовоспалительные вещества [1; 2].

Благодаря постоянно растущей осведомленности потребителей о здоровом питании селекционеры все больше уделяют внимание созданию сортов, которые не только обеспечивают высокую урожай-

ность и транспортабельность, но и обладают превосходными вкусовыми и питательными качествами [3-5].

Генофонд рода *Fragaria* L. состоит из десятков видов и подвидов с естественным полиплоидным рядом от диплоида ($2n = 14$) до декаплоида ($2n = 70$), однако в связи с ориентированностью селекционного процесса на крупноплодность, урожайность, транспортабельность, доминирующее положение в промышленном выращивании занимает октоплоид земляника садовая (*Fragaria* × *ananassa* (Weston) Duchesne ex Rozier) [6; 7].

Культивируемые сорта земляники садовой также выступают основным объектом исследований по изучению химического состава плодов. Из дикорастущих видов наиболее изучены *F. vesca* L. и *F. chiloensis* (L.) Mill. [8-10]. Другие виды земляники привлекают внимание исследователей значительно меньше, однако имеются отдельные публикации, демонстрирующие потенциал некоторых видов в качестве источников биологически активных соединений. Так, например, было установлено, что плоды *F. orientalis* Losinsk. содержат значительное количество фенольных антиоксидантов, включая эллаготанины и галловую кислоту [11]. Проведенный пилотный эксперимент на добровольцах показал, что потребление ягод *F. viridis* (Duchesne) Weston способствует повышению общей антиоксидантной способности плазмы крови, что свидетельствует о наличии в плодах этого вида полезных метаболитов, потенциально важных для поддержания здоровья организма [12]. Кроме того, дикорастущие азиатские виды земляники, такие как *F. orientalis*, *F. viridis*, *F. mandshurica* Staudt значительно превосходят сорта *F. × ananassa* по зимостойкости, устойчивости к болезням и вредителям, транспортабельности [13-15].

В ряде исследований скрещивание культивируемых сортов с дикими генотипами приводило к получению гибридного потомства, которое характеризовалось коммерческой урожайностью, существенно превосходящей показатели диких родительских форм. При этом вкусовые, нутритивные характеристики и концентрация полифенольных соединений у данных гибридов значительно превышали соответствующие параметры культивируемых сортов [3; 16].

Углеводы (сахара) и органические кислоты являются основными факторами, влияющими на органолептические свойства плодов. Соотношение сахаров и органических кислот, или сахарокислотный коэффициент, является важным критерием для характеристики вкуса плодов. В ягодах земляники содержатся лимонная, яблочная и некоторые другие кислоты. Преобладает лимонная кислота, составляющая 55-80 % от суммы всех кислот. Общее количество всех титруемых кислот колеблется от 0,4 до 1,8 % [17]. Сорта с низким уровнем (менее 0,6-0,8 %) титруемых кислот отличаются недостаточной выраженностью вкуса и ограничены в возможности сохранения качеств при длительном хранении и переработке. Содержание органических кислот в плодах земляники изменяется в зависимости от генотипа и условий выращивания [2; 17].

Концентрация витамина С (аскорбиновой кислоты) в плодах земляники варьирует между видами различной плоидности, в зависимости от времени сбора и агроклиматических условий [18]. Дождливая погода с низкими температурами воздуха в фазу созревания ягод снижает этот показатель [17]. В рамках исследования антиоксидантного профиля земляники было определено, что аскорбиновая кислота является одним из важнейших компонентов, при этом её вклад в общую антиоксидантную активность превышает 30 % [19].

Плоды *F. × ananassa* имеют меньшее содержание сухого вещества, чем некоторые дикие виды [10; 11].

Одной из важнейших характеристик качества земляники является ее яркий, красный цвет, обусловленный антоцианами, группой водорастворимых пигментов с антиоксидантными свойствами, являющимися количественно наиболее важным типом полифенолов [19-20]. В плодах земляники выявлено более 25 различных антоцианиновых пигментов, наиболее распространённым является пеларгонидин-3-глюкозид [21]. Антоцианы снижают риск сердечно-сосудистых заболеваний и уменьшают риск рака и нейродегенеративных болезней [22].

Хлорофиллы *a* и *b* являются преобладающими пигментами, поглощающими свет, способствуя развитию плода и улучшая его качественные характеристики, а каротиноиды, такие как β-каротин, являются важным компонентом, необходимым для сбора света и фотозащиты [21-23]. Каротиноиды

играют важную роль в окраске плодов, придавая оттенки в диапазоне от желтого до красного, а также повышая пищевую ценность, кроме того, некоторые из них, такие как β -каротин, служат необходимыми предшественниками биосинтеза витамина А [24]. Они обладают радиопротекторным, провитаминным, антиканцерогенным и другими видами активности [25]. Известно, что плоды земляники садовой имеют низкий уровень каротиноидов. Однако незначительное количество опубликованных исследований, сравнивающих состав каротиноидов среди генотипов земляники, охватывает лишь несколько различных сортов *F. × ananassa* [26]. Тем не менее, наличие видов в роде *Fragaria* L. с плодами различной окраски требует дальнейшего изучения для селекции сортов с увеличенным содержанием каротиноидов.

Биохимия созревания земляники – это сложный физиологический процесс, включающий снижение кислотности, накопление сахаров и летучих ароматических веществ, увеличение процента сухого вещества. Процесс сопровождается размягчением тканей из-за разрушения клеточных стенок, накоплением витамина С и повышением восприимчивости к патогенам [28; 29]. Смена цвета плодов с зеленого на красный обусловлена разрушением хлорофилла и активным синтезом антоцианов [30; 31]. Эти процессы по-разному протекают у разных представителей рода *Fragaria*, например, *F. viridis* сохраняет хлорофилл в плодах при полном созревании [21].

Таким образом, дикие виды рода *Fragaria* представляют перспективный источник для функционального питания, использования в диетологии и фармацевтической промышленности благодаря уникальному химическому профилю.

Цель исследования: сравнительный анализ основных биохимических и органолептических показателей плодов у *F. × ananassa* и дикорастущих видов *Fragaria*.

Материалы и методы. В 2023–2025 гг. изучен биохимический состав плодов 16 образцов мировой коллекции *Fragaria* L. ФБГНУ ФИЦ ВИГРР им. Н.И. Вавилова (ВИР), сохраняющихся на научно-производственной базе (НПБ) «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР», расположенной в 30 км к югу от Санкт-Петербурга. В состав выборки вошли 6 образцов диких видов, 3 межвидовых гибрида (два из которых являются сортами) и 7 сортов *F. × ananassa* (табл. 1). В 2023 г. были изучены еще 5 образцов – 2 образца диких видов и 3 сорта *F. × ananassa*.

Таблица 1. Исследованные образцы
Table 1. Studied samples

Обозначение образца / Accession	№ по каталогу ВИР / VIR Cat. No.	Название сорта / Cultivar name	Вид / Species	Пloidность / Ploidy	Географическое происхождение / Geographic origin
1	2	3	4	5	6
<i>F. vesca</i> 16952	16952A	-	<i>F. vesca</i> L.	2x	Россия, Алтайский край / Russia, Altai Territory
<i>F. viridis</i> 38142	38142	-	<i>F. viridis</i> (Duchesne) Weston	2x	Россия, Карачаево-Черкессия / Russia, Karachay-Cherkessia
<i>F. viridis</i> 49754	49754	-	<i>F. viridis</i>	2x	Россия, Иркутская обл. / Russia, Irkutsk Region
Александра / Alexandra (<i>F. vesca</i> × <i>F. mandshurica</i>)	49701	«Александра» / «Alexandra»	<i>F. vesca</i> subsp. <i>vesca</i> f. <i>semperflorens</i> × <i>F. mandshurica</i> Staudt	4x	Россия, Якутия / Russia, Yakutia
<i>F. moupinensis</i>	7547	-	<i>F. moupinensis</i> Grad.	4x	Китай / China

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6
<i>F. orientalis</i>	16929A	-	<i>F. orientalis</i> Losinsk.	4x	Россия, Приморский край / Russia, Primorsky Territory
<i>F. orientalis</i> × «Di Milano» (<i>F. moschata</i>)	38156	-	<i>F. orientalis</i> × «Di Milano» (<i>F. moschata</i>)	4x	Россия, респ. Адыгея / Russia, Republic of Adygea
<i>F. moschata</i>	49730	-	<i>F. moschata</i> Duchesne ex Weston	6x	Россия, Ленинградская обл./ Russia, Leningrad Region
Фестивальная/ Festivalnaya	13569	«Фестивальная» / «Festivalnaya»	<i>F. × ananassa</i> (Weston) Duchesne ex Rozier	8x	Россия, Санкт-Петербург / Russia, St. Petersburg
Даренка / Darenka	49686	«Даренка» / «Darenka»	<i>F. × ananassa</i>	8x	Россия, Свердловская обл. / Russia, Sverdlovsk Region
Классика / Classika	49697	«Классика» / «Classika»	<i>F. × ananassa</i>	8x	Беларусь / Belarus
Берсенеvская / Bersenevskaya	49702	«Берсенеvская» / «Berse- nevskaya»	<i>F. × ananassa</i>	8x	Россия, Якутия / Russia, Yakutia
Купчиха / Kupchikha	49737	«Купчиха» / «Kupchikha»	<i>F. × ananassa</i> × <i>F. moschata</i>	8x	Россия, Брянская обл. / Russia, Bryansk Region
Mieze Schindler	49738	«Mieze Schindler»	<i>F. × ananassa</i>	8x	Германия / Germany
Dukat	49740	«Dukat»	<i>F. × ananassa</i>	8x	Польша / Poland
Daroyal	49752	«Daroyal»	<i>F. × ananassa</i>	8x	Франция / France
Образцы, изученные только в 2023 г. / Accessions studied only in 2023					
<i>F. mandshurica</i> 49719	49719	-	<i>F. mandshurica</i>	2x	Россия, Якутия / Russia, Yakutia
<i>F. mandshurica</i> 49726	49726	-	<i>F. mandshurica</i>	2x	Россия, Амурская обл./ Russia, Amur Region
Бова / Bova	49689	«Бова» / «Bova»	<i>F. × ananassa</i>	8x	Россия, Свердловская обл./ Russia, Sverdlovsk Region
Ярославна / Yaroslavna	49694	«Ярославна»/ «Yaroslavna»	<i>F. × ananassa</i>	8x	Россия, Свердловская обл./ Russia, Sverdlovsk Region
Пелагея / Pelageya	49919	«Пелагея»/ «Pelageya»	<i>F. × ananassa</i>	8x	Россия, Краснодарский край / Russia, Krasnodar Territory

Источник: составлено авторами по результатам собственных исследований.

Source: compiled by the authors based on the results of their own research

Высажено по 30 растений на образец. Схема посадки 0,4 × 0,8 м, или 41 тыс. растений/га; применен способ укрытия насаждений агроволокном плотностью 120 г/м² с использованием капельного орошения.

Дегустационная оценка плодов проводилась в те же даты, что биохимический анализ. Вкус плодов оценивался с помощью экспертного метода [35] в 2023 и 2024 годах группой из четырех экспертов. Оцениваемые параметры включали внешний вид фруктов, цвет, вкус, соотношение сахара и кислоты, аромат, плотность и сочность. Для оценки использовалась шкала, где 5 означает

превосходный вкус, с гармоничным балансом сахара и кислоты, с сильным, приятным ароматом, а 0 – очень плохой вкус, очень кислый, с горечью и другими неприятными посторонними привкусами. Оценки экспертов для каждого образца усреднялись.

Подготовка образцов для биохимического анализа. Плоды отбирали в фазу полной зрелости в сухую погоду. С каждого из пяти растений образца собирали спелые плоды и доставляли в лабораторию в день сбора. После удаления плодоножек формировали навеску для каждого образца массой 80–120 г, включающей плоды разного размера. Из него выделяли четыре подвыборки по 10–15 г для определения содержания сахаров и кислотности, сухого вещества, аскорбиновой кислоты и пигментов. Перед анализом навески плодов измельчали пестиком до однородной массы в ступке со стеклянным песком. Измерения проводили в двух технических повторностях. Содержание питательных веществ и биологически активных веществ в плодах определяли в Лаборатории биохимии и молекулярной биологии ФБГНУ ФИЦ ВИГРР им. Н.И. Вавилова (ВИР). Все значения параметров рассчитывали исходя из исходной (сырой) массы плодов, за исключением пигментов (антоцианов, хлорофиллов, β -каротина и каротиноидов), которые пересчитывали в сухое вещество.

Моно- и дисахара (в %) определяли спектрофотометрически с использованием калибровочной кривой, построенной на основе серии растворов глюкозы различной концентрации [33]. Реакция основана на взаимодействии темно-синего щелочного раствора глицерата меди (II) с восстанавливающими сахарами при нагревании, в результате чего образуется красный оксид меди (I), соответствующий количеству сахара в растворе. Моносахариды определяли в фильтрате без гидролиза, а общее содержание моно- и дисахаров – в фильтрате после кислотного гидролиза. Абсорбцию полученных растворов после осаждения осадка оксида меди измеряли при 582 нм относительно дистиллированной воды. Дисахара определяли как разницу между общим количеством моно- и дисахаров (после гидролиза) и общим количеством моносахаров (без гидролиза), умноженную на коэффициент 0,95.

Общую (титруемую) кислотность определяли титрованием известного объема экстракта 0,1 М раствором щелочи в присутствии индикатора фенолфталеина (значения выражали в % яблочной кислоты, используя коэффициент пересчета 0,0067).

Аскорбиновую кислоту (в мг%) определяли титрованием экстрактов краской Тильманса до получения стабильного розового цвета, предварительно сорбируя антоциановые пигменты белой глиной по модифицированному методу [34].

Содержание сухого вещества (в %) определяли воздушно-тепловым методом, взвешивая порцию измельченного среднего образца до и после высушивания до постоянного веса при температуре 100–102 °С.

Каротиноиды и хлорофиллы экстрагировали ацетоном в колбе Бунзена на стеклянных фильтрах №3 под вакуумом до получения бесцветного экстракта. Измеряли объем экстракта и часть его центрифугировали при 7000 об/мин в течение 10 мин. Содержание хлорофиллов *a*, *b* и каротиноидов определяли в ацетоновом экстракте без предварительного разделения. Оптическую плотность экстрактов измеряли спектрофотометрически в кювете объемом 1 см³ при длинах волн 440; 644 и 662 нм. В качестве контроля использовали 100 % ацетон. Концентрации пигментов в мг% рассчитывались с использованием уравнений, основанных на коэффициентах специфического поглощения [35]. β -каротин также определяли в ацетоновых экстрактах с использованием калибровочной кривой, построенной из чистых растворов β -каротина при длине волны 454 нм. В качестве раствора сравнения использовали 100 % ацетон.

Общее содержание антоцианов определяли спектрофотометрическим методом согласно методике [36]. Антоцианы экстрагировали из измельченных образцов 1%-ным раствором соляной кислоты в соотношении 1:20 в течение 15 мин на водяной бане при температуре 45 °С (3 раза). После каждого этапа экстракт центрифугировали при 7000 об/мин в течение 10 мин. Оптическую плотность экстрактов измеряли при длине волны 510 нм в кювете объемом 1 см³, используя 1 % соляную кислоту в качестве раствора сравнения. Общее содержание антоцианов пересчитывали на цианидин-3,5-дигликозид в мг%.

Статистический анализ проводили в программе Statistica 13.3 (TIBCO Software Inc., Пало-Альто, Калифорния, США) с использованием дисперсионного анализа (ANOVA), корреляционного анализа и анализа главных компонент. В исследовании принят уровень значимости 5 %.

Погодные условия эксперимента. Условия вегетации были благоприятны для земляники во все годы исследования. Самый теплый – 2024 г. (рис. 1), сумма активных температур выше 10 °C составила 2408 °C, более прохладный – 2023 г. (2295 °C) и самый холодный – 2025 г. (2045 °C). 2025 г. также самый влажный: сумма осадков за период с температурой выше 10 °C составила 294 мм, в 2024 г. – 251 мм, самым сухим был 2023 г. – 165 мм. В результате гидротермический коэффициент (отношение суммы осадков к сумме температур, умноженное на 10) был наименьшим в 2023 г. (0,7), в 2024 г. – средним (1,0), в 2025 г. – наибольшим (1,4).

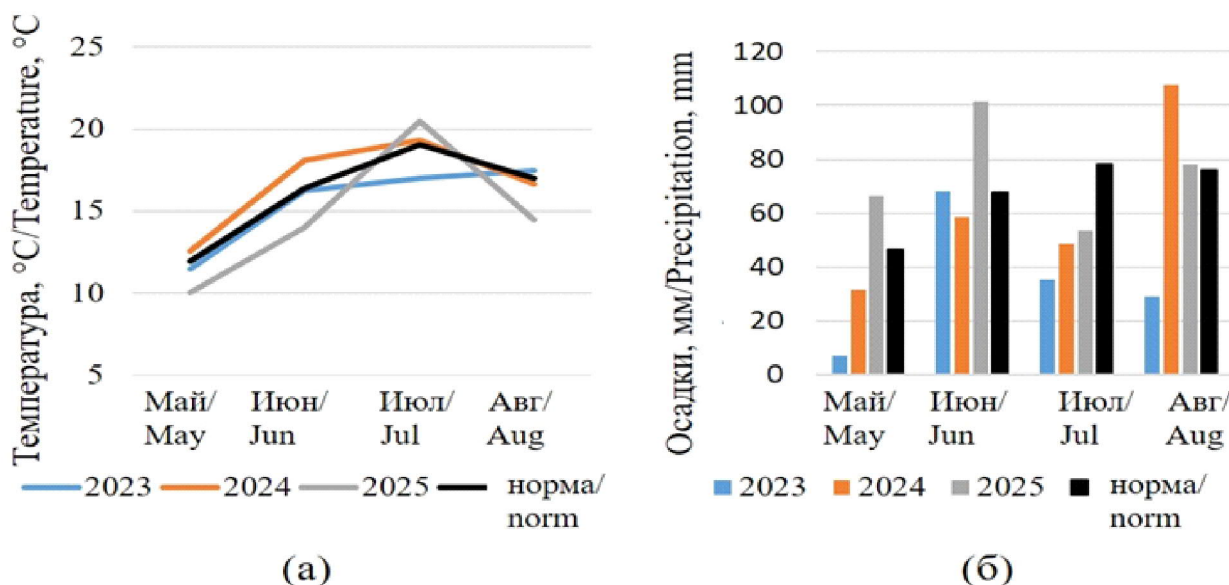


Рис. 1. Погодные характеристики периода формирования урожая земляники:
а) средняя месячная температура; б) месячная сумма осадков, НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР» Норма – среднее за 1991-2020 гг.

Fig. 1. Weather characteristics of the strawberry crop formation period:
a) average monthly temperature; б) monthly precipitation amount,
at «Pushkin and Pavlovsk Laboratories of VIR» Norm – average for 1991-2020.

Источник: составлено авторами по результатам собственных исследований.
Source: compiled by the authors based on the results of their own research

Результаты. Образцы достоверно различались по средним значениям биохимических показателей за три года, кроме сахарокислотного коэффициента и содержания моносахаров (табл. 2). Средняя дегустационная оценка образцов не различалась ($p = 0,090$), варьировались от 4,0 до 4,9 баллов. Разница в оценках за годы исследования составляла от 0,0 до 0,5 баллов для сортов *F. × ananassa*, в то время как для диких видов она была больше – от 0,1 до 0,8 баллов. Из-за значительной межгодовой изменчивости дисперсионный анализ не выявил существенных различий между образцами по дегустационной оценке.

По большинству изученных показателей выделились образцы диких видов: по содержанию сухого вещества (15,5-19,8%: *F. moschata* к-49730; *F. orientalis* к-16929А; «Александра»; *F. vesca* к-16952А; *F. viridis* к-49754; *F. viridis* к-38142); сахаров (9,1% *F. viridis* к-49754); дисахаров (4,0-5,2% *F. viridis* к-38142; *F. viridis* к-49754; *F. moupinensis* к-7547), аскорбиновой кислоты (73,7 мг% *F. viridis* (к-49754), каротиноидов (*F. viridis* к-38142; *F. moupinensis* к-7547; *F. vesca* к-16952А; «Александра»; *F. orientalis* к-16929А); β-каротина (1,3 мг% *F. orientalis* к-16929А). Максимальное содержание антоцианов отмечено у *F. × ananassa* (770,7-875,5 мг % - «Классика»; «Даренка»; «Dukat»).

По ряду биохимических показателей наиболее ценным оказался образец *F. viridis* к-49754. Данный образец собран с северо-восточной границы ареала вида (Ольхонский район Иркутской обл.) и был выделен нами ранее как наиболее зимостойкий [14].

Таблица 2. Биохимические показатели и дегустационная оценка образцов земляники, 2023-2025 гг.
Table 2. Biochemical parameters and tasting evaluation of strawberry samples, 2023-2025

№ по кат.у ВИР / VIR Cat. No.	Вид / сорт / Species / Cultivar	Сухое вещество, % / Dry matter, %	Моносахара, % / Mono saccharides, %	Дисахара, % / Disaccharides, %	Общая кислотность, % / Total acidity, %	Аскорб. кислота, мг% / Ascorb. acid, mg%	Сахарокислотный ко- эффициент / Sugar-acid ratio	Хлорофилл а, мг% / Chlorophyll a, mg%	Хлорофилл b, мг% / Chlorophyll b, mg%	Каротиноиды, мг% / Carotenoids, mg%	β-каротин, мг% / β-carotene, mg%	Антоцианы, мг% / An- thocyanins, mg%	Дегустационная оцен- ка, балл / Tasting score, points
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1549730	<i>F. moschata</i>	15,5 ± 1,2 ^{cdefg}	4,8 ± 0,8 ^a	3,4 ± 0,4 ^{abcd}	0,9 ± 0,1 ^{abcd}	44,2 ± 4,9 ^{ab}	9 ± 0,3 ^a	4,8 ± 0,7 ^{abcd}	3,9 ± 0,9 ^{ab}	6,4 ± 0,4 ^{abcd}	0,8 ± 0,1 ^{abcd}	220,9 ± 59,5 ^a	4,6 ± 0,1 ^a
7547	<i>F. moupinensis</i>	14,9 ± 0,9 ^{bcdef}	3,4 ± 0,8 ^a	5,2 ± 0,3 ^d	1 ± 0,1 ^{abcde}	62,9 ± 7,9 ^{ab}	8,9 ± 0,9 ^a	5,8 ± 0,9 ^{cd}	3 ± 0,6 ^{ab}	8,2 ± 0,5 ^{bcde}	1 ± 0,1 ^{bcd}	467,9 ± 189,9 ^{abc}	4,6 ± 0,2 ^a
16929A	<i>F. orientalis</i>	15,8 ± 0,9 ^{defg}	3,7 ± 1,3 ^a	3,5 ± 0,5 ^{abcd}	1,1 ± 0,1 ^{abcde}	43,2 ± 5,2 ^{ab}	6,8 ± 0,7 ^a	6,7 ± 0,9 ^d	4 ± 0,6 ^{ab}	11,5 ± 1,4 ^e	1,3 ± 0,2 ^d	299 ± 108,2 ^{ab}	4,4 ± 0,1 ^a
16952A	<i>F. vesca</i>	17,2 ± 1,8 ^{efg}	3,4 ± 0,5 ^a	3,3 ± 0,8 ^{abcd}	1,3 ± 0,1 ^{bcde}	49,7 ± 2,9 ^{ab}	5,1 ± 0,7 ^a	1,4 ± 0,6 ^a	1,4 ± 0,3 ^a	8,7 ± 0,5 ^{cde}	0,9 ± 0 ^{abcd}	297,6 ± 88 ^{ab}	4,3 ± 0,1 ^a
38142	<i>F. viridis</i>	18,1 ± 0,3 ^{fg}	3,3 ± 0,5 ^a	4 ± 1,2 ^{bcd}	1,3 ± 0,1 ^{bcde}	65 ± 12,2 ^{ab}	5,6 ± 1 ^a	6,7 ± 2,0 ^{bcd}	3,6 ± 0,4 ^{ab}	7,4 ± 1,7 ^{abcde}	0,9 ± 0,2 ^{abcd}	205,6 ± 30 ^a	4,2 ± 0,1 ^a
49754	<i>F. viridis</i>	19,8 ± 0,8 ^g	4,2 ± 0,7 ^a	4,9 ± 0,6 ^{cd}	1,5 ± 0,2 ^e	73,7 ± 8,7 ^b	6,1 ± 0,7 ^a	2,8 ± 1,7 ^{abcd}	3,3 ± 1 ^{ab}	6,4 ± 0,4 ^{abcd}	0,8 ± 0,1 ^{abcd}	188,5 ± 53,4 ^a	4,4 ± 0,1 ^a
38156	<i>F. orientalis</i> × Di Milano	13,4 ± 0,5 ^{abcde}	5,3 ± 0,3 ^a	1,3 ± 0,1 ^{ab}	1,5 ± 0,1 ^{de}	41,8 ± 1,8 ^{ab}	4,4 ± 0,5 ^a	1,2 ± 0,4 ^a	1,8 ± 0,7 ^{ab}	6,7 ± 0,2 ^{abcd}	0,7 ± 0,1 ^{abcd}	384,3 ± 19,4 ^{abc}	4 ± 0,4 ^a
13569	Фестивальная/ Festival	11,6 ± 0,8 ^{abcd}	6,3 ± 0,7 ^a	0,9 ± 0,3 ^a	0,7 ± 0,1 ^{ab}	41,6 ± 7,7 ^{ab}	11,4 ± 2,7 ^a	1,4 ± 0,3 ^a	1,2 ± 0,4 ^a	3,2 ± 0,4 ^a	0,4 ± 0,1 ^a	294,5 ± 53,1 ^{ab}	4,4 ± 0,1 ^a
49686	Даренка/ Darenka	10,5 ± 0,5 ^a	4 ± 0,4 ^a	1,5 ± 0,4 ^{ab}	1 ± 0,1 ^{abcde}	36,1 ± 3,5 ^{aa}	5,7 ± 0,4 ^a	1,3 ± 0,3 ^a	1,1 ± 0,1 ^a	4,8 ± 0,5 ^{abc}	0,5 ± 0,1 ^{abc}	810,1 ± 189,2 ^{bc}	4,6 ± 0,1 ^a
49697	Классика/ Classic	10,9 ± 0,6 ^{ab}	5 ± 0,8 ^a	1,2 ± 0,3 ^a	0,6 ± 0,1 ^a	44,1 ± 3,8 ^{ab}	11,7 ± 4,1 ^a	2,2 ± 0,4 ^{abc}	2,4 ± 0,6 ^{ab}	5,5 ± 0,5 ^{abcd}	0,6 ± 0,1 ^{abc}	770,7 ± 67,2 ^{bc}	4,4 ± 0 ^a

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
49701	Александра / Alexandra	16,5 ± 0,7 ^{efg}	4,9 ± 0,4 ^a	2,6 ± 0,4 ^{abcd}	1,3 ± 0,2 ^{cde}	37,2 ± 7,0 ^a	6,1 ± 1,3 ^a	5,1 ± 0,5 ^{abcd}	5,2 ± 1,1 ^b	9,6 ± 2 ^{de}	1,1 ± 0,2 ^{cd}	362,4 ± 89 ^{abc}	4,2 ± 0 ^a
49702	Берсневская / Bersnevskaya	11,6 ± 0,3 ^{abc}	3,0 ± 1,2 ^a	2,0 ± 0,8 ^{ab}	1 ± 0,2 ^{abcde}	38,1 ± 2,2 ^{ab}	5,2 ± 0,6 ^a	1,9 ± 0,6 ^{abc}	2,2 ± 0,5 ^{ab}	4,3 ± 0,3 ^{ab}	0,5 ± 0,1 ^{ab}	545,7 ± 123 ^{abc}	4,2 ± 0,2 ^a
49737	Купчиха / The merchant's wife	13,7 ± 0,4 ^{abcde}	5,7 ± 0,2 ^a	1,7 ± 0,1 ^{ab}	0,7 ± 0,1 ^{abc}	34,4 ± 3,3 ^a	10,8 ± 1,5 ^a	3,3 ± 0,7 ^{abcd}	3,4 ± 0,9 ^{ab}	5 ± 0,4 ^{abc}	0,6 ± 0,1 ^{abc}	587,8 ± 104,6 ^{abc}	4,6 ± 0 ^a
49738	Mieze Schindler	14,3 ± 0,4 ^{abcdef}	6,4 ± 0,9 ^a	1,3 ± 0,4 ^{ab}	0,8 ± 0,0 ^{abc}	65,5 ± 11,9 ^{ab}	9,6 ± 0,6 ^a	1,6 ± 1 ^{ab}	1,1 ± 0,9 ^a	4,8 ± 1,3 ^{abc}	0,5 ± 0,2 ^{abc}	625,7 ± 98 ^{abc}	4,9 ± 0,1 ^a
49740	Dukat	11,7 ± 0,6 ^{abcd}	4,1 ± 0,5 ^a	2,3 ± 0,1 ^{abc}	1 ± 0,1 ^{abcde}	33 ± 4,2 ^a	6,7 ± 1 ^a	2,1 ± 0,2 ^{abc}	2,4 ± 0,3 ^{ab}	5,9 ± 0,3 ^{abcd}	0,6 ± 0 ^{abc}	875,5 ± 117 ^c	4,2 ± 0,1 ^a
49752	Daroyal	10,5 ± 0,7 ^a	4,5 ± 0,6 ^a	3,1 ± 0,2 ^{abcd}	0,7 ± 0,1 ^{abc}	44,3 ± 9,6 ^{ab}	11 ± 2 ^a	1,7 ± 0,7 ^{abc}	1,1 ± 0,8 ^a	4,0 ± 0,1 ^{ab}	0,5 ± 0,1 ^{abc}	524,6 ± 18,6 ^{abc}	4,3 ± 0 ^a
Средний сорт / Average cultivar		14,1 ± 0,3	4,5 ± 0,2	2,6 ± 0,1	1,0 ± 0,1	47,2 ± 4,8	7,8 ± 0,8	3,5 ± 0,5	3,2 ± 0,7	6,4 ± 0,1	0,8 ± 0,1	466,3 ± 12,8	4,4 ± 0,1
Коэффициент вариации / Coefficient of variation by year		3,7	6,1	6,7	11,4	17,5	18,4	16,8	19,8	3,6	4,4	4,8	2,2
Образцы, изученные только в 2023 г / Accessions studied only in 2023													
49719	<i>F.mandshurica</i>	19,55	-	-	-	43,2	-	4,66	2,37	8,81	0,97	333,7	4,4
49726	<i>F.mandshurica</i>	16,29	6,96	5,41	1,18	30	10,48	3,46	1,49	6,29	0,65	331,1	4,5
49689	Бова/ Bova	12,21	3,78	1,46	1,4	41,2	3,73	0,74	1,61	5,25	0,54	530,5	4,4
49694	Ярославна/ Yaroslavna	10,84	4,12	1,66	0,58	54,3	9,88	2,34	4,06	5,24	0,7	168,8	4,4
49919	Пелагея/ Pelageya	12,78	7,44	2,57	0,6	73,3	16,82	1,44	0,87	2,45	0,29	200,6	4,1

Примечание: одинаковыми буквами обозначены не различающиеся в столбце на 5 %-ном уровне значимости значения.

Note: values that do not significantly differ at the 5 % significance level are marked with the same letters

Источник: составлено авторами по результатам собственных исследований.

Source: compiled by the authors based on the results of their own research.

Наибольшие коэффициенты вариации по годам были зафиксированы для таких параметров, как хлорофилл *b* (19,8 %), хлорофилл *a* (16,8 %), соотношение сахаров и кислот (18,4 %), аскорбиновая кислота (17,5 %) и общая кислотность (11,4 %). Содержание дисахаров (6,7 %), моносахаров (6,1 %), антоцианов (4,8 %), β -каротинов (4,4 %), сухого вещества (3,7 %) и каротиноидов (3,6 %) было менее зависимо от года (коэффициент вариации менее 10 %).

Анализ структуры выборки методом главных компонент

По средним за 3 года значениям биохимических показателей каждого образца (табл. 2) по критерию Кайзера методом главных компонент (МГК) выделили 3 главные компоненты, объясняющие 81,1 % общей дисперсии (табл. 3). Первый фактор (52,6 %) объединяет содержание сухого вещества, дисахаров, пигментов; второй (14,9 %) связан с сахарокислотным коэффициентом; третий (13,5 %) с содержанием аскорбиновой кислоты. По первому фактору контрастны образцы диких видов (включая их гибриды) и *F. × ananassa* (рис. 2а): образцы диких видов характеризуются большим содержанием сухого вещества, дисахаров, β -каротина, каротиноидов, хлорофиллов и меньшим – антоцианов. По второму фактору и среди образцов диких видов, и среди образцов *F. × ananassa* имеются образцы с высоким значением («Фестивальная», «Daroyal», «Mieze Schindler»; *F. viridis* к-49754, *F. moupinensis* к-7547, *F. moschata* к-24973).

В 2023 г. биохимические показатели были изучены у 21 образца. Анализ однолетних наблюдений по расширенной выборке подтвердил закономерности, полученные по усредненным за 3 года данным. Первые две компоненты объясняют 62,0 % вариабельности и имеют такую же интерпретацию, что и по трехлетним данным; группировки образцов по биохимическим показателям (рис. 2б) в 2023 г. те же: по первому фактору контрастны дикие и культурные образцы, образцы с высоким значением второго фактора по трехлетним данным, имели значения выше среднего и в 2023 г.

Таблица 3. Факторные нагрузки 11 биохимических показателей 16 образцов земляники, НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР», среднее 2023-2025 гг.
Table 3. Factor loadings of 11 biochemical parameters of 16 strawberry samples, at Pushkin and Pavlovsk Laboratories of VIR, average 2023-2025

Показатель/ Parameter	Фактор 1/ Factor 1	Фактор 2 / Factor 2	Фактор 3 / Factor 2
Сухое вещество/ Dry matter	0.87	0.05	0.36
Дисахара/ Disaccharides	0.80	-0.01	0.24
Моносахара/ Monosaccharides	-0.55	-0.37	0.36
Общая кислотность/ Total acidity	0.71	0.59	0.00
Аскорбиновая кислота/ Ascorbic acid	0.46	0.12	0.78
Сахарокислотный коэффициент/ Sugar-acid ratio	-0.53	-0.73	0.35
Хлорофилл <i>a</i> / Chlorophyll <i>a</i>	0.78	-0.53	-0.11
Хлорофилл <i>b</i> / Chlorophyll <i>b</i>	0.72	-0.48	-0.24
Каротиноиды/ Carotenoids	0.85	-0.13	-0.33
β -каротин/ β -carotene	0.89	-0.26	-0.27
Антоцианы/ Anthocyanins	-0.68	0.02	-0.44
Общая дисперсия/ Explained variables.	5.791	1.639	1.487
Доля общей дисперсии/ Share of total variance	0.526	0.149	0.135

Источник: составлено авторами по результатам собственных исследований.
Source: compiled by the authors based on the results of their own research

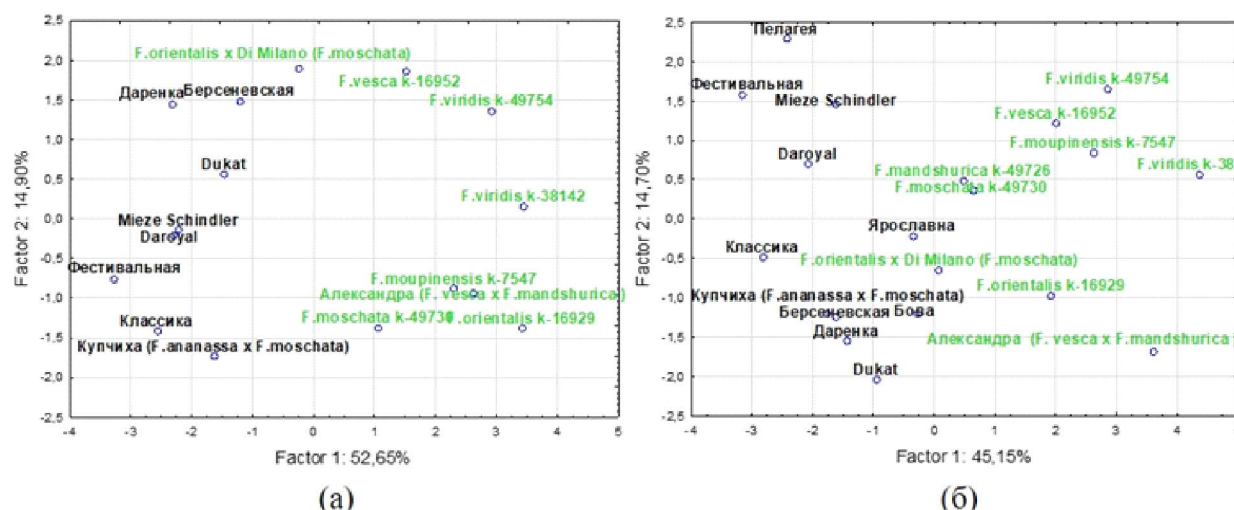


Рис. 2. Образцы диких видов и *F. × ananassa* в пространстве первых компонент биохимии плодов:

а) 16 образцов, средние за 2023-2025 гг.; б) 21 образец, 2023 г.

Обозначения: образцы и гибриды диких видов выделены зеленым

Fig. 2. Samples of wild and cultivated species in the space of the first components of fruit biochemistry:

а) 16 samples, average for 2023-2025; б) 21 samples, 2023.

Designations: wild species samples and hybrids are highlighted in green

Источник: составлено авторами по результатам собственных исследований.

Source: compiled by the authors based on the results of their own research

Сравнение биохимических показателей и дегустационной оценки плодов *F. × ananassa* и диких видов. Образцы были разбиты на 2 группы генетического происхождения – дикие виды (в которую вошел сорт «Александра» и межвидовой гибрид *F. orientalis × «Di Milano» (F. moschata)*) и *F. × ananassa*. Сорт «Купчиха» (*F. × ananassa × F. moschata*) был убран из анализа.

Двухфакторный дисперсионный анализ (факторы «генетическое происхождение» и «год») показал, что дикие виды и *F. × ananassa* различались по всем исследованным показателям, кроме содержания хлорофилла *b* ($p = 0,075$) и моносахаров ($p = 0,083$). Группа диких видов имела достоверно более высокие значения следующих биохимических показателей: сухое вещество (16,4 дикие виды и 12,2 % *F. × ananassa*), дисахара (3,7 и 1,9 %), общая кислотность (1,2 и 0,9 %), аскорбиновая кислота (54,3 и 42,5 мг%), хлорофилл *a* (4,1 и 2,1 мг%); каротиноиды (7,9 и 5,3 мг%), β -каротин (0,9 и 0,6 мг%); меньший сахарокислотный коэффициент (6,6 и 8,4) и меньшее содержание антоцианов (294,8 и 601,1 мг%).

Значительных различий в дегустационной оценке между годами исследования не наблюдалось (рис. 3м). Была обнаружена значительная вариативность в оценках вкуса как среди диких видов (от 4,0 до 4,6 баллов), так и среди *F. × ananassa* (от 4,2 до 4,9 баллов). Некоторые сорта *F. × ananassa* получили низкие оценки, в то время как некоторые дикие виды получили оценки выше среднего. Средняя оценка вкуса в группе *F. × ananassa* (4,4 балла) была выше, чем у диких видов (4,3 балла), но из-за небольшого размера выборки и высокой внутригрупповой вариативности различия не были значимыми ($p = 0,150$).

Год оказал влияние только на содержание аскорбиновой кислоты ($p = 0,003$). Взаимодействия факторов ни по одному показателю не было. Максимальное среднее содержание по образцам аскорбиновой кислоты наблюдалось в самый сухой 2023 г. – 65,0 мг% дикие виды и 53,0 мг% *F. × ananassa*, достоверно превышая 2024 г. (48,6-37,2 мг%) и 2025 г. (49,4-37,2 мг%). Наиболее вариabельными по годам показали себя признаки: хлорофилл *b* (19,8 %); хлорофилл *a* (16,8 %); сахарокислотный коэффициент (18,4 %), аскорбиновая кислота (17,5 %), общая кислотность (11,4 %). Менее зависели от года (коэффициент вариации меньше 10 %) дисахара (6,7 %), моносахара (6,1 %), сумма сахаров (4,6 %), антоцианы (4,8 %), β -каротины (4,4 %), сухое вещество (3,7 %), каротиноиды (3,6 %).

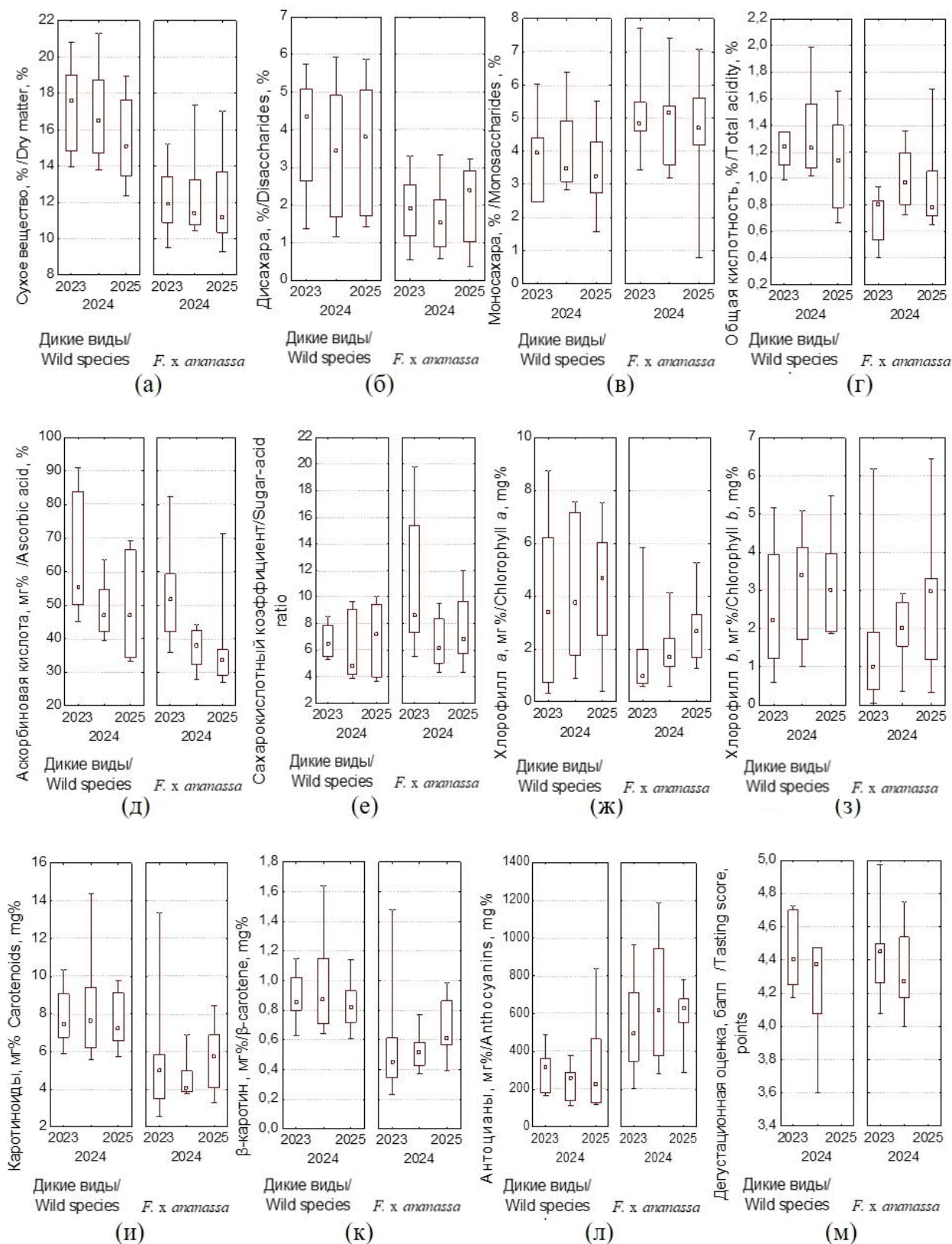


Рис. 3. Вариабельность биохимических показателей плодов земляники за 3 года исследования, НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР»

Fig. 3. Variability of biochemical parameters of strawberry fruits over 3 years of research, Scientific and Practical Institution at Pushkin and Pavlovsk Laboratories of VIR

Источник: составлено авторами по результатам собственных исследований.

Source: compiled by the authors based on the results of their own research.

Связь дегустационной оценки с биохимическими показателями

Средняя за 2 года дегустационная оценка образца достоверно положительно коррелировала (рис. 4) с сахарокислотным коэффициентом ($r = 0,56$) и отрицательно с общей кислотностью ($r = -0,50$) и незначимо с остальными изученными биохимическими показателями. В среднем увеличение сахарокислотного коэффициента на 1 приводит к увеличению дегустационной оценки на 0,05 балла. Увеличение общей кислотности на 1% приводит к снижению дегустационной оценки на 0,4 балла.

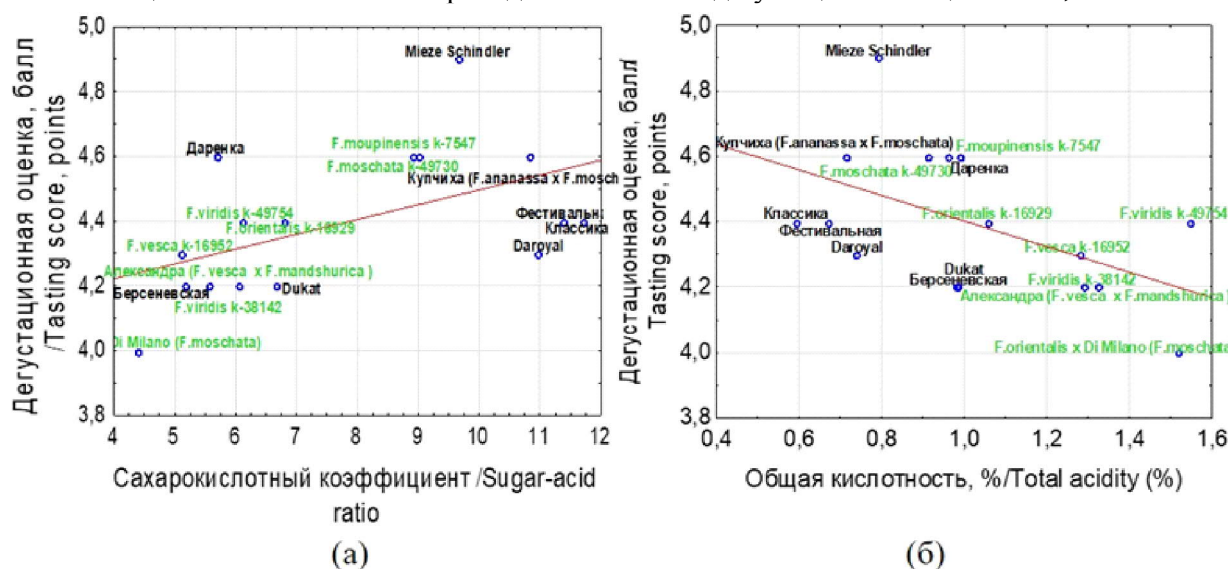


Рис. 4. Зависимость дегустационной оценки образцов земляники от:
а) сахарокислотного коэффициента; б) общей кислотности.

Зеленым выделены образцы диких видов

Fig. 4. Dependence of the tasting assessment of strawberry samples on:
a) sugar-acid coefficient; b) total acidity.

Samples of wild species are highlighted in green

Источник: составлено авторами по результатам собственных исследований.

Source: compiled by the authors based on the results of their own research

Связь биохимических показателей с плоидностью

Возможной причиной различий биохимии зрелых плодов диких и культурных видов может быть различный процент сухого вещества, обусловленный разными размерами клеток у образцов с разной плоидностью. Анализ ранговой корреляции Спирмена показал отрицательную взаимосвязь между плоидностью и содержанием сухого вещества ($r = -0,86$), содержанием дисахаров ($r = -0,71$), аскорбиновой кислоты ($r = -0,53$) и пигментов (от $-0,40$ до $-0,81$), а также положительную взаимосвязь с содержанием антоцианов ($r = 0,75$) и соотношением сахара и кислоты ($r = 0,56$) (рис. 5).

Обсуждение. МГК показал, что наиболее дифференцирующими биохимический состав плодов земляники разных видов показателями являются содержание сухого вещества, дисахаров, пигментов. По первому фактору контрастны образцы диких видов (включая их гибриды) и *F. × ananassa*: образцы диких видов характеризуются большим содержанием сухого вещества, дисахаров, β -каротина, каротиноидов, хлорофиллов и меньшим – антоцианов. Такое распределение отражает различные биохимические алгоритмы у диких и культурных форм.

Интересно расположение в пространстве первых компонент трех гибридных образцов: сорт «Александра» близок с дикими видами, поскольку получен от свободного опыления *F. vesca* subsp. *vesca* f. *semperflorens* и отборных форм из якутских ценопопуляций *F. mandshurica* [13]; сорт «Купчиха», гибрид *F. × ananassa × F. moschata*, расположился с *F. × ananassa*, т.е. в данном случае длительный отбор нивелировал влияние дикого вида; межвидовой гибрид *F. orientalis × «Di Milano» (F. moschata)* находится посередине между дикими видами и *F. × ananassa*. Таким образом, и генетическое происхождение, и эффективность направленного отбора оказывают влияние на биохимию плодов гибридов.

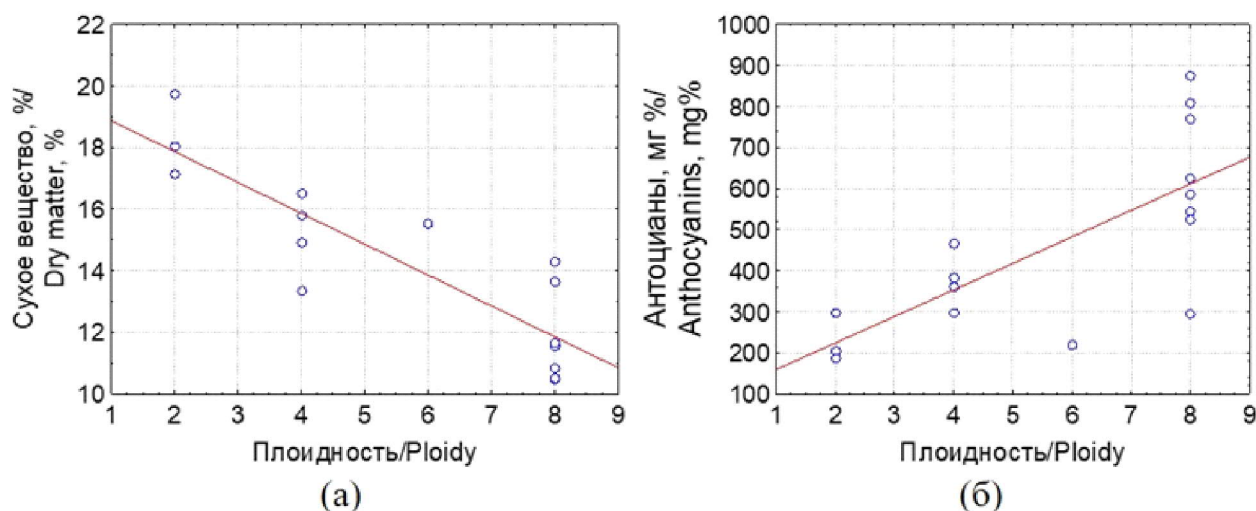


Рис. 5. Связь биохимических показателей и плоидности представителей рода *Fragaria L.*:
а) процент сухого вещества; б) содержание антоцианов

Fig. 5. The relationship between biochemical parameters and ploidy of *Fragaria L.* accessions:
(a) percentage of dry matter; (б) anthocyanins content.

Источник: составлено авторами по результатам собственных исследований.

Source: compiled by the authors based on the results of their own research.

Более высокое содержание дисахаров в плодах диких видов по сравнению с *F. × ananassa* связано с осмопротекторной функцией дисахаров в условиях стресса (холод, засуха) [37; 38]. В нашей выборке самое высокое содержание дисахаридов было зафиксировано у ряда диплоидных и тетраплоидных диких видов (4,0-4,9% у *F. viridis*; 5,4% у *F. mandshurica*; и 5,2% у *F. moupinensis*), тогда как у сортов *F. × ananassa* оно варьировало от 0,9% у сорта «Фестивальная» до 3,1% у сорта «Daroyal». Общая кислотность у диких видов достигала 1,3-1,5% (1,3-1,5% у *F. viridis*; 1,3% у *F. vesca*, 1,3% у сорта «Александра» (*F. vesca* × *F. mandshurica*)), тогда как у сортов *F. × ananassa* она колебалась от 0,6 до 1,0% (минимум у сортов «Классика» (0,6%), «Фестивальная» (0,7%) и максимум 1,4% у сорта «Бова» в 2023 году). Органические кислоты участвуют в защите от патогенов и фитофагов, а также в поддержании физиологического гомеостаза в стрессовых условиях. Селекция садовой земляники была направлена на получение менее кислых плодов, однако более высокая общая кислотность не всегда коррелирует с органолептическим ощущением «кислоты». Например, плод *F. viridis*, несмотря на повышенную общую кислотность (1,5%) и высокое содержание аскорбиновой кислоты, не был воспринят как кислый при органолептической оценке.

Более высокое содержание аскорбиновой кислоты в диких формах объясняется усиленной антиоксидантной защитой [39], необходимой при воздействии абиотических факторов (высокое УФ-излучение, экстремальные температуры, дефицит влаги). Самое высокое содержание аскорбиновой кислоты в нашем исследовании было обнаружено в образце *F. viridis* (73,7 мг%), собранном в регионе с суровыми климатическими условиями (Ольхонский район, Иркутская область).

У диких видов процесс деградации хлорофилла во время созревания плодов происходит медленнее, чем у *F. × ananassa*. Плоды дикой *F. viridis* не полностью краснеют при созревании, а иногда имеют бледно-зеленый цвет, в то время как мякоть остается кремового цвета [40]. Плоды земляники, особенно на ранних стадиях развития, способны к фотосинтезу. В процессе селекции были отобраны культурные формы земляники с ускоренным разложением хлорофилла для более быстрого и равномерного созревания ягод. В мелких плодах дикой земляники фотосинтез вносит больший вклад в углеродный баланс, поэтому необходимо сохранение пигментов хлорофилла.

Селекционные программы, направленные на получение ярко-красных плодов с высокой концентрацией антоцианов, не отдавали приоритет накоплению желто-оранжевых пигментов - каротиноидов,

поэтому соответствующие метаболические пути и их регуляция в культивируемых генотипах могли либо частично подавляться, либо не усиливаться в процессе селекции.

Повышенное содержание антоцианов, наблюдаемое в сортах *F. × ananassa* в нашем исследовании, безусловно, является следствием длительной селекции на привлекательную внешнюю окраску, которая усилила пути синтеза фенилпропаноидов/флавоноидов. У диких видов замедленное разрушение хлоропластов во время созревания приводит к сохранению хлорофиллов в зрелых плодах. Кроме того, дикие виды имеют более высокий процент сухого вещества [10; 11]. Также они характеризуются более высокой кислотностью и прочностью клеточной стенки, что способствует большей устойчивости к патогенам. Селекция культивируемых сортов *F. × ananassa*, поддерживаемая интенсифицированными методами ведения сельского хозяйства, ослабила ряд защитных функций и, наряду с ускоренным и более равномерным созреванием, привела к образованию более сочных, менее плотных плодов, уязвимых для инфекций [41].

Различия видов дополнительно обусловлены пloidностью и связанным с ней размером клеток. Наблюдаемая обратная зависимость между пloidностью и процентом сухого вещества (самая высокая у диплоидов и самая низкая у октаплоидов) может быть объяснена тем, что с увеличением числа хромосомных наборов увеличивается размер клеток и вакуолей, увеличивается доля воды в тканях, и, следовательно, относительное содержание сухого вещества уменьшается. Кроме того, селекция октаплоидных *F. × ananassa* была направлена на получение более крупных и сочных плодов, что могло еще больше снизить процент сухого вещества [42]. Хотя наивысшую оценку вкуса в нашем исследовании получил сорт «Mieze Schindler», было обнаружено, что дикие виды также имеют образцы с высоким соотношением сахара и кислоты, оригинальными вкусовыми нотками и оценками вкуса, сопоставимыми с оценками для *F. × ananassa*. Высокое содержание дисахаров, аскорбиновой кислоты и β-каротина демонстрирует потенциал диких видов для разработки новых сортов с улучшенными функциональными питательными свойствами [12]. Аромат и послевкусие плодов *F. viridis*, как показано в нашем исследовании, значительно отличались от ароматов и послевкусия других видов и характеризовались дегустаторами различными эпитетами, например, как «парфюмерно-ароматные», «яблочно-ароматные» или «фруктовые», что согласуется с предыдущими исследованиями этого вида [40]. Уникальная ароматическая характеристика этого вида может быть обусловлена наличием летучего органического соединения метилэвгенола, которое не было обнаружено у других европейских диких видов рода *Fragaria* [40].

Дикий вид земляники *F. viridis* заслуживает особого внимания благодаря своему уникальному вкусу, самой высокой твердости плодов среди всех известных видов земляники [40], а также высокой зимостойкости и всесторонней устойчивости к пятнистости листьев и серой гнили [14, 15], что делает его перспективным для использования в селекции и выращивании садоводами-любителями [21].

Заключение

Спелые плоды диких видов *Fragaria* имеют общий биохимический состав, который отличает их от *F. × ananassa*. Плоды диких видов имеют более высокое содержание сухого вещества, дисахаров, хлорофилла *a* и каротиноидов; они содержат меньше антоцианов, в то время как содержание моносахаров, хлорофилла *b* и вкусовые качества существенно не отличаются от таковых у *F. × ananassa*. Эти различия обусловлены как процессом одомашнивания, так и разной пloidностью.

Особого внимания заслуживает дикорастущий вид земляники *F. viridis*, в частности, образец *F. viridis* к-49754, который выделяется высоким содержанием сухого вещества, дисахаров и аскорбиновой кислоты. Данный образец обладает высокой зимостойкостью и может быть рекомендован для использования в селекционных программах и для выращивания садоводами-любителями.

Список источников

1. Characterization of nutritional, physicochemical, and phytochemical composition and antioxidant capacity of three strawberry «*Fragaria × ananassa* Duch» cultivars («Primoris», «Endurance», and «Portola») from western region of Portugal / R. Ganhão, J. Pinheiro, C. Tino [et al.] // Foods. 2019. Vol. 8, № 12. P. 682. Available from: <https://doi.org/10.3390/foods8120682>. PMID: 31847436; PMCID: PMC6963201.

2. Comparison of Polyphenol, Sugar, Organic Acid, Volatile Compounds, and Antioxidant Capacity of Commercially Grown Strawberry Cultivars in Turkey / I. Urün, S. H. Attar, D. A. Sönmez [et al.] // *Plants*. 2021. Vol. 10, № 8. P. 1654. Available from: <https://doi.org/10.3390/plants10081654>. PMID: 34451700; PMCID: PMC8398931.
3. Breeding Strawberry for Higher Phytochemicals Content and Claim It: Is It Possible? / B. Mezzetti, F. Balducci, F. Capocasa [et al.] // *International Journal of Fruit Science*. 2016. Vol. 16, № sup1. P. 194–206. Available from: <https://doi.org/10.1080/15538362.2016.1250695>.
4. Pre-harvest factors influencing the quality of berries / L. Di Vittori, L. Mazzoni, M. Battino [et al.] // *Scientia Horticulturae*. 2018. Vol. 233. P. 310–322. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.01.058>.
5. Towards smart and sustainable development of modern berry cultivars in Europe / E. Senger, S. Osorio, K. Olbricht [et al.] // *The Plant Journal*. 2022. Vol. 111, № 5. P. 1238–1251. Available from: <https://doi.org/10.1111/tpj.15876>.
6. Morphological and Molecular Insights into Genetic Variability and Heritability in Four Strawberry (*Fragaria × ananassa*) Cultivars / D. K. Ernazarova, A. K. Safiullina, M. D. Kholova [et al.] // *Horticulturae*. 2025. Vol. 11, № 10. P. 1195. Available from: <https://doi.org/10.3390/horticulturae11101195>.
7. Харченко А.А., Чухина И.Г. *Fragaria* L. в коллекции ВИР // Бюллетень ВИР. – 2024. №. 243. С. 85-93. https://vir-bulletin.ru/wp-content/uploads/2025/12/bjul-vir_243_85-93.pdf.
8. *Fragaria* Genus: Chemical Composition and Biological Activities / R. C. Fierascu, G. Temocico, I. Fierascu [et al.] // *Molecules*. 2020. Vol. 25, № 3. P. 498. Available from: <https://doi.org/10.3390/molecules25030498>. PMID: 31979351; PMCID: PMC7037259.
9. Ghiamati S., Asadi-Gharneh H. A., Sabaghnia N. Antioxidant Capacity and Chemical Composition of Five Iranian Wild Strawberries (*Fragaria vesca* L.) // *Agriculture & Forestry*. 2020 Vol. 66. P. 193–205. Available from: <https://doi.org/10.17707/AgricultForest.66.4.16>.
10. Wild vs. Cultivated Strawberries: Differential Fruit Quality Traits and Antioxidant Properties in *Fragaria Chiloensis* and *Fragaria × ananassa* / M. F. Chamorro, A. Mazzoni, M. N. Lescano [et al.] // *Discover Food*. 2025. Vol. 5, № 1. P. 71. Available from: <https://doi.org/10.1007/s44187-025-00346-1>.
11. Olennikov D. N., Khandy M. T., Chirikova N. K. Oriental Strawberry Metabolites: LC–MS Profiling, Antioxidant Potential, and Postharvest Changes of *Fragaria orientalis* Fruits // *Horticulturae*. 2022. Vol. 8. P. 975. Available from: <https://doi.org/10.3390/horticulturae8100975>.
12. Olennikov D. N., Vasilieva A. G., Chirikova N. K. *Fragaria viridis* Fruit Metabolites: Variation of LC-MS Profile and Antioxidant Potential during Ripening and Storage // *Pharmaceuticals*. 2020. Vol. 13, № 9. P. 262. Available from: <https://doi.org/10.3390/ph13090262>. PMID: 32971880; PMCID: PMC7559413.
13. Харченко А. А., Белевцова В. И., Чухина И. Г. Сорты земляники с использованием *Fragaria orientalis* Losinsk // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2024. Т. 185, № 2. С. 189-200. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2024-2-189-200>.
14. Харченко А. А., Новикова Л. Ю. Сравнение компонентов зимостойкости образцов рода *Fragaria* L. с разным феноритмотипом в камере искусственного климата // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2025. Т. 186, № 1. С. 121-130. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2025-1-121-130>.
15. Харченко А. А., Новикова Л. Ю. Дикие виды рода *Fragaria* L. как источник хозяйственно-ценных признаков для селекции в Северо-Западном регионе России // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2026. Т. 187, № 1. С. 1-13. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2026-1-015>.
16. Use of wild genotypes in breeding program increases strawberry fruit sensorial and nutritional quality / J. Diamanti, L. Mazzoni, F. Balducci [et al.] // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2014. Vol. 62, № 18. P. 3944–3953. <https://doi.org/10.1021/jf500708x> PMID: 24730477.
17. Зубов А. А. Теоретические основы селекции земляники / А.А. Зубов ; Всерос. науч.-исслед. ин-т генетики и селекции плодовых растений им. И. В. Мичурина. — Мичуринск : Изд-во ВНИИ-ГиСПР им. И. В. Мичурина, 2004. 196 с. — ISBN 5-900665-13-5. — EDN QKVXSB.
18. Regulation of L-ascorbic acid content in strawberry fruits / E. Cruz-Rus, I. Amaya, J. F. Sanchez-Sevilla [et al.] // *Journal of Experimental Botany*. 2011. Vol. 62, № 12. P. 4191–4201. <https://doi.org/10.1093/jxb/err122> PMID: 21561953; PMCID: PMC3153677.

19. Antioxidants, Phenolic Compounds, and Nutritional Quality of Different Strawberry Genotypes / S. Tulipani, B. Mezzetti, F. Capocasa [et al.] // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2008. Vol. 56, № 3. P. 696–704. <https://doi.org/10.1021/jf0719959>.
20. Color, anthocyanin pigment, ascorbic acid and total phenolic compound determination in organic versus conventional strawberries (*Fragaria × ananassa* Duch, cv. Selva) / J. Crecente-Campo, M. Nunes-Damaceno, M. A. Romero-Rodríguez [et al.] // Journal of Food Composition and Analysis. 2012. Vol. 28, iss. 1. P. 23–30. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2012.07.004>.
21. A Review of Botany, Phytochemistry, and Biological Activities of *Fragaria vesca* and *Fragaria viridis* Widespread in Kazakhstan / G. A. Atazhanova, G. K. Kurmantayeva, Y. K. Levaya [et al.] // Plants. 2025. Vol. 14, No. 13. P. 2027. <https://doi.org/10.3390/plants14132027>. PMID: 40648036; PMC12252261.
22. Anthocyanin content, bioactive compounds and physico-chemical characteristics of potential new strawberry cultivars rich in-anthocyanins / M. Sirijan, N. Pipattanawong, B. Saeng-On [et al.] // Journal of Berry Research. 2020. Vol. 10, No. 3. P. 397–410. <https://doi.org/10.3233/JBR-190487>.
23. Elevated CO₂ delayed the chlorophyll degradation and anthocyanin accumulation in postharvest strawberry fruit / D. Li, X. Zhang, L. Li [et al.] // Food Chemistry. 2019. Vol. 285. P. 163–170. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.01.150>.
24. Physiological, Biochemical, and Biometrical Response of Cultivated Strawberry and Wild Strawberry in Greenhouse Gutter Cultivation in the Autumn-Winter Season in Poland – Preliminary Study / J. Lema-Rumińska, D. Kulus, A. Tymoszek [et al.] // Agronomy. 2021. Vol. 11, No. 8. P. 1633. <https://doi.org/10.3390/agronomy11081633>.
25. Fruit ripening: dynamics and integrated analysis of carotenoids and anthocyanins / L. Kapoor, A. J. Simkin, C. George Priya Doss [et al.] // BMC plant biology. 2022. Vol. 22, No. 1. P. 27. <https://doi.org/10.1186/s12870-021-03411-w> PMID: 35016620; PMCID: PMC8750800.
26. Differential expression of CCD4(4B) drives natural variation in fruit carotenoid content in strawberry (*Fragaria* spp.) / I. Amaya, F. J. Roldán-Guerra, J. L. Ordóñez-Díaz [et al.] // Plant Biotechnology Journal. 2025. Vol. 23, № 3. P. 679–691. <https://doi.org/10.1111/pbi.14523> PMID: 39840714; PMCID: PMC11869172.
27. Каротиноиды и каротины в плодах *Cucurbita maxima*, *C. moschata* и *C. перо* в условиях Северо-Запада России / Т. М. Пискунова, Т. В. Шеленга, П. В. Озерский [и др.] // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2023. Т. 184, № 1. С. 118–127. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2023-1-118-127>
28. Physicochemical changes during strawberry development in the field compared with those that occur in harvested fruit during storage / M. C. N. Nunes, J. K. Brecht, A. M. M. B. Morais [et al.] // Journal of the Science of Food and Agriculture. 2006. Vol. 86, No. 2. P. 180–190. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2314>
29. Changes in physicochemical characteristics during fruit development in June-bearing strawberry cultivars / S. K. Kim, R. N. Bae, H. Na [et al.] // Horticulture, Environment, and Biotechnology. 2013. Vol. 54, No. 1. P. 44–51. <https://doi.org/10.1007/s13580-013-0166-z>
30. Ma T., Inagaki T., Tsuchikawa S. Development of a sensitivity-enhanced chlorophyll fluorescence lifetime spectroscopic method for nondestructive monitoring of fruit ripening and postharvest decay // Postharvest Biology and Technology. 2023. Vol. 198. P. 112231. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2022.112231>.
31. Characterization of peroxidase-mediated chlorophyll bleaching in strawberry fruit / G. A. Martínez, P. M. Civello, A. R. Chaves [et al.] // Phytochemistry. 2001. Vol. 58, No. 3. P. 379–387. [https://doi.org/10.1016/s0031-9422\(01\)00266-7](https://doi.org/10.1016/s0031-9422(01)00266-7).
32. Программа и методы сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / под общ. ред. Е. Н. Седова, Т. П. Огольцовой. – Орел : Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур, 1999. 608 с. ISBN 5-900705-15-3. – EDN YHAOZT.
33. Методы биохимического исследования растений / А. И. Ермаков, В. В. Арасимович, Н. П. Ярош [и др.] ; под ред. А. И. Ермакова. – 3-е изд., перераб. и доп. – Ленинград : Агропромиздат, 1987. – 430 с.
34. Попов В. С., Смяцкая Ю. А. Модифицированный титриметрический метод количественного определения витамина С в окрашенных растительных экстрактах // Вестник Пермского националь-

ного исследовательского политехнического университета. Химическая технология и биотехнология. 2020. № 4. С. 43–53. <https://doi.org/10.15593/2224-9400/2020.4.04>. – EDN EDGXCM.

35. Concentrations of anthocyanins in common foods in the United States and estimation of normal consumption / X. Wu, G. R. Beecher, J. M. Holden [et al.] // *Journal of agricultural and food chemistry*. 2006. Vol. 54, No. 11. P. 4069–4075. <https://doi.org/10.1021/jf060300l>.

36. Панова Т. М., Щеголев А. А. Технология и оборудование для переработки растительного сырья : (методические указания к лабораторному практикуму). Екатеринбург : УрФУ, 2010. 48 с.

37. Composition of sugars, organic acids, and total phenolics in 25 wild or cultivated berry species / M. Mikulic-Petkovsek, V. Schmitzer, A. Slatnar [et al.] // *Journal of food science*. 2012. Vol. 77, No. 10. P. C1064–C1070. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2012.02896.x> PMID: 22924969.

38. Soluble sugar content in nine wild and forty-one cultivated strawberries / I. Ogiwara, S. Habutsu, N. Hakoda [et al.] // *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*. 1998. Vol. 67, No. 3. P. 406–412. https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjshs1925/67/3/67_3_406/_pdf.

39. Skender A., Ajdinović T., Bećirspahić D. The comparison of phenotypic characteristics of current varieties and wild species of *Fragaria* // *Genetika*. 2015. Vol. 47, No. 1. P. 45–52. <https://doi.org/10.2298/GENSR15010>.

40. *Fragaria viridis* Weston: diversity and breeding potential of an underutilised strawberry species / P. Gruner, D. Ulrich, C. Neinhuis, [et al.] // *Acta Horticulturae*. 2017. Vol. 1156. P. 203–208. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2017.1156.31>.

41. The genetic diversity of strawberry species, the underutilized gene pool and the need for cultivars with new quality and agronomic attributes / P. A. Dávalos-González, R. Aguilar-García, A. Rodríguez-Guillén [et al.] // *Recent Studies on Strawberries* / ed. by N. E. Y. Kafkas. London: IntechOpen, 2022. <https://doi.org/10.5772/intechopen.102962>.

42. Koziara-Ciupa M., Trojak-Goluch A. The Effect of Polyploidisation on the Physiological Parameters, Biochemical Profile, and Tolerance to Abiotic and Biotic Stresses of Plants // *Agronomy*. 2025. Vol. 15, No. 8. P. 1918. <https://doi.org/10.3390/agronomy15081918>.

References

1. Ganhão R, Pinheiro J, Tino C, et al. Characterization of nutritional, physicochemical, and phytochemical composition and antioxidant capacity of three strawberry “*Fragaria × ananassa* Duch.” cultivars (“Primoris”, “Endurance”, and “Portola”) from western region of Portugal. *Foods* [Internet]. 2019 Dec 12 [cited 2026 Jul 16];8(12):682. Available from: <https://doi.org/10.3390/foods8120682> English. PubMed PMID: 31847436; PubMed Central PMCID: PMC6963201.

2. Urün I, Attar SH, Sönmez DA, et al. Comparison of Polyphenol, Sugar, Organic Acid, Volatile Compounds, and Antioxidant Capacity of Commercially Grown Strawberry Cultivars in Turkey. *Plants* [Internet]. 2021 Aug 11 [cited 2026 Jul 10];(10):1654. Available from: <https://doi.org/10.3390/plants10081654> English. PubMed PMID: 34451700; PubMed Central PMCID: PMC8398931.

3. Mezzetti B, Balducci F, Capocasa F, et al. Breeding Strawberry for Higher Phytochemicals Content and Claim It: Is It Possible? *International Journal of Fruit Science* [Internet]. 2016 Nov 22 [cited 2026 Jul 05];16(sup1):194–206. Available from: <https://doi.org/10.1080/15538362.2016.1250695> English.

4. Di Vittori L, Mazzoni L, Battino M, et al. Pre-Harvest Factors Influencing the Quality of Berries. *Scientia Horticulturae* [Internet]. 2018 Feb 13 [cited 2026 Jul 02];(233):310–22. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.01.058> English.

5. Senger E, Osorio S, Olbricht K, et al. Towards smart and sustainable development of modern berry cultivars in Europe. *The Plant Journal* [Internet]. 2022 Aug [cited 2026 Jul 05];111(5):1238–51. Available from: <https://doi.org/10.1111/tpj.15876> English.

6. Emazarova DK, Safiullina AK, Kholova MD, et al. Morphological and Molecular Insights into Genetic Variability and Heritability in Four Strawberry (*Fragaria × ananassa*) Cultivars. *Horticulturae* [Internet]. 2025 Oct 23 [cited 2026 Jul 01];11(10):1195. Available from: <https://doi.org/10.3390/horticulturae11101195> English.

7. Kharchenko AA, Chukhina IG. *Fragaria* L. in the VIR collection. *VIR Bulletin* [Internet]. 2024 Dec [cited 2026 Jun 05];(243):85-93. (In Russ.). Available from: https://vir-bulletin.ru/wp-content/uploads/2025/12/bjul-vir_243_85-93.pdf.
8. Fierascu RC, Temocico G, Fierascu I, et al. *Fragaria* Genus: Chemical Composition and Biological Activities. *Molecules* [Internet]. 2020 Jan 23 [cited 2026 Jul 05];25(3):498. Available from: <https://doi.org/10.3390/molecules25030498> English. PubMed PMID: 31979351; PubMed Central PMCID: PMC7037259.
9. Ghiamati S, Asadi-Gharneh HA, Sabaghnia N. Antioxidant Capacity and Chemical Composition of Five Iranian Wild Strawberries (*Fragaria vesca* L.). *Agriculture & Forestry* [Internet]. 2020 Dec [cited 2026 Jun 05];66(4):193–205. Available from: <https://doi.org/10.17707/AgricultForest.66.4.16> English.
10. Chamorro MF, Mazzoni A, Lescano MN, et al. Wild vs. Cultivated Strawberries: Differential Fruit Quality Traits and Antioxidant Properties in *Fragaria Chilensis* and *Fragaria × ananassa*. *Discov. Food* [Internet]. 2025 Mar [cited 2026 Jul 05];5(1):1-15. Available from: <https://doi.org/10.1007/s44187-025-00346-1> English.
11. Olennikov DN, Khandy MT, Chirikova NK. Oriental Strawberry Metabolites: LC–MS Profiling, Antioxidant Potential, and Postharvest Changes of *Fragaria orientalis* Fruits. *Horticulturae* [Internet]. 2022 Oct [cited 2026 Jun 01];8(10):975. Available from: <https://doi.org/10.3390/horticulturae8100975> English.
12. Olennikov DN, Vasilieva AG, Chirikova NK. *Fragaria viridis* Fruit Metabolites: Variation of LC-MS Profile and Antioxidant Potential during Ripening and Storage. *Pharmaceuticals* [Internet]. 2020 Sep 22 [cited 2026 Jun 08];13(9):262. Available from: <https://doi.org/10.3390/ph13090262> English. PubMed PMID: 32971880; PubMed Central PMCID: PMC7559413.
13. Kharchenko AA, Belevtsova VI, Chukhina IG. Strawberry cultivars with *Fragaria orientalis* Losinsk. in their pedigrees. *Proceedings on applied botany, genetics and breeding* [Internet]. 2024 Jul [cited 2026 Jul 05];185(2):189-200. (In Russ.). Available from: <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2024-2-189-200>.
14. Kharchenko AA, Novikova LYu. Comparison of winter hardiness components in *Fragaria* L. accessions with different phenorhythmotypes in an artificial climate chamber. *Proceedings on applied botany, genetics and breeding* [Internet]. 2025 Apr [cited 2026 Jul 01];186(1):121-30. (In Russ.). Available from: <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2025-1-121-130>.
15. Kharchenko AA, Novikova LYu. Wild species of *Fragaria* L. as a source of valuable agronomic traits for breeding in Northwest Russia. *Proceedings on applied botany, genetics and breeding* [Internet]. 2026 Apr 16 [cited 2026 Jul 01];187(1):1-13. (In Russ.). Available from: <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2026-1-015>.
16. Diamanti J, Mazzoni L, Balducci F, et al. Use of wild genotypes in breeding program increases strawberry fruit sensorial and nutritional quality. *Journal of agricultural and food chemistry* [Internet]. 2014 May 07 [cited 2026 Jul 01];62(18):3944–53. Available from: <https://doi.org/10.1021/jf500708x> English. PubMed PMID: 24730477.
17. Zubov AA. *Theoretical foundations of strawberry breeding*. Michurinsk: All-Russian Research Institute of Genetics and Breeding of Fruit Plants named after I. V. Michurin Publ.; 2004]. (In Russ.). – ISBN: 5-900665-13-5. EDN: QKVXSB.
18. Cruz-Rus E, Amaya I, Sanchez-Sevilla JF, et al. Regulation of L-ascorbic acid content in strawberry fruits. *Journal of Experimental Botany* [Internet]. 2011 May 11 [cited 2026 Jul 02];62(12):4191–4201. Available from: <https://doi.org/10.1093/jxb/err122> English. PubMed PMID: 21561953; PubMed Central PMCID: PMC3153677.
19. Tulipani S, Mezzetti B, Capocasa F, et al. Antioxidants, Phenolic Compounds, and Nutritional Quality of Different Strawberry Genotypes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* [Internet]. 2008 Mar [cited 2026 Jul 01];56(3):696-704. Available from: <https://doi.org/10.1021/jf0719959> English.
20. Crecente-Campo J, Nunes-Damaceno M, Romero-Rodríguez MA, et al. Color, anthocyanin pigment, ascorbic acid and total phenolic compound determination in organic versus conventional strawberries (*Fragaria × ananassa* Duch, cv Selva). *Journal of Food Composition and Analysis* [Internet]. 2012 Nov [cited 2026 Jul 01];28(1):23–30 Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2012.07.004> English.
21. Atazhanova GA, Kurmantayeva GK, Levaya YK, et al. A Review of Botany, Phytochemistry, and Biological Activities of *Fragaria vesca* and *Fragaria viridis* Widespread in Kazakhstan. *Plants* [Internet].

2025 Jul 02 [cited 2026 Jul 01];14(13):2027. Available from: <https://doi.org/10.3390/plants14132027> English. PubMed PMID: 40648036; PubMed Central PMCID: PMC12252261.

22. Sirijan M, Pipattanawong N, Saeng-On B, et al. Anthocyanin content, bioactive compounds and physico-chemical characteristics of potential new strawberry cultivars rich in-anthocyanins. *Journal of Berry Research* [Internet]. 2020 Feb [cited 2026 Jul 04];10(3):397–410. Available from: <https://doi.org/10.3233/JBR-190487> English.

23. Li D, Zhang X, Li L, et al. Elevated CO₂ delayed the chlorophyll degradation and anthocyanin accumulation in postharvest strawberry fruit. *Food Chemistry* [Internet]. 2019 Jul [cited 2026 Jul 01];(285):163–70. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.01.150> English.

24. Lema-Rumińska J, Kulus D, Tymoszek A, et al. Physiological, Biochemical, and Biometrical Response of Cultivated Strawberry and Wild Strawberry in Greenhouse Gutter Cultivation in the Autumn-Winter Season in Poland–Preliminary Study. *Agronomy* [Internet]. 2021 Aug [cited 2026 Jul 01];11(8):1633. Available from: <https://doi.org/10.3390/agronomy11081633> English.

25. Kapoor L, Simkin AJ, George Priya Doss C, et al. Fruit ripening: Dynamics and integrated analysis of carotenoids and anthocyanins. *BMC Plant Biology* [Internet]. 2022 Jan 11 [cited 2026 Jul 01];22(1):27. Available from: <https://doi.org/10.1186/s12870-021-03411-w> English. PubMed PMID: 35016620; PubMed Central PMCID: PMC8750800.

26. Amaya I, Roldán-Guerra FJ, Ordóñez-Díaz JL, et al. Differential expression of CCD4(4B) Drives Nat. Var. Fruit Carotenoid Content Strawb. (*Fragaria* Spp.). *Plant Biotechnology Journal* [Internet]. 2025 Mar [cited 2026 Jul 01];23(3):679–91. Available from: <https://doi.org/10.1111/pbi.14523> English. PubMed PMID: 39840714; PubMed Central PMCID: PMC11869172.

27. Piskunova TM, Shelenga TV, Ozersky PV, et al. Carotenoids and carotenes in the fruits of *Cucurbita maxima*, *C. moschata* and *C. pepo* under the conditions of Northwestern Russia [Internet]. 2021 Apr [cited 2026 Jul 01]. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2023;184(1):118–27. (In Russ.). Available from: <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2023-1-118-127>.

28. Nunes MCN, Brecht JK, Morais AMMB, et al. Physicochemical changes during strawberry development in the field compared with those that occur in harvested fruit during storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture* [Internet]. 2006 Jan [cited 2026 Jan 19];86(2):180–90. Available from: <https://doi.org/10.1002/jsfa.2314> English.

29. Kim SK, Bae RN, Na H, et al. Changes in physicochemical characteristics during fruit development in June-bearing strawberry cultivars. *Horticulture, Environment, and Biotechnology* [Internet]. 2013 Mar [cited 2026 Jun 19];54(1):44–51. Available from: <https://doi.org/10.1007/s13580-013-0166-z>.

30. Ma T, Inagaki T, Tsuchikawa S. Development of a sensitivity-enhanced chlorophyll fluorescence lifetime spectroscopic method for nondestructive monitoring of fruit ripening and postharvest decay. *Postharvest Biology and Technology* [Internet]. 2023 Apr [cited 2026 Jun 19];(198):112231. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2022.112231> English.

31. Martínez GA, Civello PM, Chaves AR, et al. Characterization of peroxidase-mediated chlorophyll bleaching in strawberry fruit. *Phytochemistry* [Internet]. 2001 Nov [cited 2026 Jun 19];58(3):379–87. Available from: [https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(01\)00266-7](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(01)00266-7) English.

32. [Sedov EN, Ogoltsova TP, editors. *Program and methods for studying varieties of fruit, berry and nut crops*. Orel: All-Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding Publ.; 1999]. (In Russ.). ISBN: 5-900705-15-3. EDN: YHAOZT.

33. [Ermakov AI, Arasimovich VV, Yarosh NP, et al. *Methods of Plants Biochemical Research*. 3rd ed., rev. and expand. Leningrad: Agropromizdat Publ.; 1987]. (In Russ.).

34. Popov VS, Smyatskaya YuA. A modified titrimetric method for the quantitative determination of vitamin C in colored plant extracts. *Bulletin of the Perm National Research Polytechnic University. Chemical technology and biotechnology*. 2020;(4):43–53. (In Russ.). Available from: <https://doi.org/10.15593/2224-9400/2020.4.04>. EDN: EDGXCM.

35. Wu X, Beecher GR, Holden JM, et al. Concentrations of anthocyanins in common foods in the United States and estimation of normal consumption. *Journal of agricultural and food chemistry* [Internet]. 2006 Jun [cited 2026 Jun 19];54(11):4069–75. Available from: <https://doi.org/10.1021/jf060300l> English.

36. [Panova TM, Shchegolev AA. *Technology and equipment for processing plant raw materials : (guidelines for laboratory practice)*. Yekaterinburg: UrFU; 2010]. (In Russ.).
37. Mikulic-Petkovsek M, Schmitzer V, Slatnar A, et al. Composition of sugars, organic acids, and total phenolics in 25 wild or cultivated berry species. *Journal of food science* [Internet]. 2012 Oct [cited 2026 Jun 19];77(10):C1064–70. Available from: <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2012.02896.x> English. PubMed PMID: 22924969.
38. Ogiwara I, Habutsu S, Hakoda N, et al. Soluble sugar content in nine wild and forty-one cultivated strawberries. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science* [Internet]. 1998 Jun 15 [cited 2026 Jun 19];67(3):406–12. Available from: https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjshs1925/67/3/67_3_406/_pdf.
39. Skender A, Ajdinović T, Bećirspahić D. The comparison of phenotypic characteristics of current varieties and wild species of *Fragaria*. *Genetika* [Internet]. 2015 May [cited 2026 Jun 19];47(1):45–52. Available from: <https://doi.org/10.2298/GENSR1501045S> English.
40. Gruner P, Ulrich D, Neinhuis C, et al. *Fragaria viridis* Weston: diversity and breeding potential of an underutilised strawberry species. *Acta Horticulturae* [Internet]. 2017 Apr [cited 2026 Jun 19];(1156):203–8. Available from: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2017.1156.31> English.
41. Dávalos-González PA, Aguilar-García R, Rodríguez-Guillén A, et al. The genetic diversity of strawberry species, the underutilized gene pool and the need for cultivars with new quality and agronomic attributes. In: Kafkas NE, editor. *Recent Studies on Strawberries* [Internet]. London: IntechOpen; 2022 May 10 [cited 2026 Jun 19]. p. N/A. Available from: <https://doi.org/10.5772/intechopen.102962>.
42. Koziara-Ciupa M, Trojak-Goluch A. The Effect of Polyploidisation on the Physiological Parameters, Biochemical Profile, and Tolerance to Abiotic and Biotic Stresses of Plants. *Agronomy* [Internet]. 2025 Aug 08 [cited 2026 Jun 19];15(8):1918. Available from: <https://doi.org/10.3390/agronomy15081918>.

Информация об авторах

А. А. Харченко – научный сотрудник;

В. С. Попов – кандидат технических наук, старший научный сотрудник;

Л. Ю. Новикова – доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник.

Вклад авторов

Концептуализация: НЛЮ и ХАА; подготовка данных: ХАА, ПВС; формальный анализ: НЛЮ; методология: ПВС и НЛЮ; исследование: НЛЮ, ПВС и ХАА; ресурсы: ХАА; программное обеспечение: НЛЮ; руководство: НЛЮ; проверка достоверности: ПВС и НЛЮ.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 17.07.2026; одобрена после рецензирования 20.08.2026; принята к публикации 27.08.2026.

Information about the authors

A. A. Kharchenko – Researcher;

V. S. Popov – PhD (Engineering), Senior Researcher;

L. Yu. Novikova – DSc (Agriculture), Leading Researcher.

Author Contributions: Conceptualization: LYuN and AAK; Data curation: AAK, VSP; Formal analysis: LYuN.; Methodology: VSP and LYuN; Investigation: LYuN, VSP and AAK; Resources: AAK; Software: LYuN; Supervision: LYuN; Validation: VSP and LYuN; Visualization: LYuN; Writing original draft preparation: AAK; Writing review and editing: LYuN.

Conflict of Interests. The authors declare no conflicts of interest.

The article was submitted to the editorial office on 17.07.2026; approved after review 20.08.2026; accepted for publication 27.08.2026.

Научная статья

УДК 582.734.3, 581.1, 581.45, 581.522.4, 581.82

https://doi.org/10.54258/20701047_2026_63_3_134



Сортовые микроанатомические и физиолого-биохимические признаки как генетический ресурс растений яблони в предгорной зоне Кабардино-Балкарии

Аида Яковлевна Тамахина^{1✉}, Беслан Борисович Бесланеев²

^{1,2}Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет, Нальчик, Россия

¹aida17032007@yandex.ru✉, <https://orcid.org/0000-0001-8958-7052>

²beslaneev@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8974-4388>

Аннотация. Исследование механизмов стрессоустойчивости и выявление сортов с высоким адаптационным потенциалом лежит в основе формирования регионального сортимента яблони. Одним из методов выявления наиболее устойчивых сортов плодовых культур является фенотипирование. Целью исследования стало изучение сортовых анатомических и физиолого-биохимических показателей листьев растений яблони, дополняющих фенотипические признаки районированных сортов, и возможности их применения в качестве диагностических показателей стрессоустойчивости. Исследования проводили в саду интенсивного типа на базе Северо-Кавказского научно-исследовательского института горного и предгорного садоводства (2024-2025 гг.). Объекты исследования – сорта яблони Гала Девил, Голден Рейндерс и Фуджи Кику Фубракс, привитые на слаборослый клоновый подвой М9. По результатам микроскопических и гистохимических исследований выделены анатомические показатели листовой пластинки, дополняющие комплекс фенотипических признаков конкретных сортов: плотность и ширина устьиц, устьичный индекс, плотность кроющих трихом на обеих поверхностях листовой пластинки. Морфометрические признаки эпидермы листовой пластинки характеризуются низким (длина и ширина устьиц), средним (плотность устьиц и основных эпидермальных клеток) и высоким (плотность трихом на обеих поверхностях листа) уровнем изменчивости. Сортоспецифическими анатомическими признаками листьев сорта Фуджи Кику Фубракс являются расположение устьиц на обеих поверхностях листа, мелкоклеточный эпидермис адаксиальной поверхности листа; сорта Голден Рейндерс – слабая выраженность кристаллоносной обкладки жилок листа. Выявлены физиолого-биохимические индикаторы стрессоустойчивости сортов яблони: активность пероксидазы, содержание хлорофилла в листьях, наличие конденсированных дубильных веществ в базальных клетках трихом и в схизогенных вместилищах мезофилла. По исследованным показателям уровень стрессоустойчивости и ксероморфность структуры листовой пластинки снижаются в ряду: Фуджи Кику Фубракс, Гала Девил, Голден Рейндерс. Предложены экспресс-методы диагностики стрессоустойчивости сортов яблони по времени обесцвечивания листьев раствором гипохлорита натрия, по локализации пероксидазы и конденсированных дубильных веществ на препаратах из свежих и обесцвеченных листьев.

Ключевые слова: сорт яблони, генетический ресурс, фенотипирование, анатомические признаки листьев, физиолого-биохимические показатели, стрессоустойчивость, адаптационный потенциал

Для цитирования: Тамахина А. Я., Бесланеев Б. Б. Сортовые микроанатомические и физиолого-биохимические признаки как генетический ресурс растений яблони в предгорной зоне Кабардино-Балкарии // Известия Горского государственного аграрного университета. 2026. Т. 63, № 3. С. 134-145. https://doi.org/10.54258/20701047_2026_63_3_134

Scientific paper

Cultivar-specific microanatomical and physiological-biochemical traits as a genetic resource of apple plants in the foothill zone of Kabardino-Balkaria

Aida Ya. Tamakhina^{1✉}, Beslan B. Beslaneev²

^{1,2}Kabardino-Balkarian State Agrarian University, Nalchik, Russia

¹aida17032007@yandex.ru[✉], <https://orcid.org/0000-0001-8958-7052>

²beslaneev@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8974-4388>

Abstract. Investigating stress resistance mechanisms and identifying varieties with high adaptive potential underpins the development of regional apple tree assortments. Phenotyping is one method for identifying the most resilient fruit tree varieties. The aim of this study was to investigate the varietal-specific anatomical, physiological, and biochemical characteristics of apple tree leaves, complementing the phenotypic traits of regionalized varieties, and their potential use as diagnostic indicators of stress resistance. The research was conducted in an intensive orchard at the North Caucasus Research Institute of Mountain and Foothill Horticulture (2024-2025). The apple varieties Gala Devil, Golden Reinders, and Fuji Kiku Fubrax, grafted onto the dwarf clonal rootstock M9, were the subjects of the study. Based on the results of microscopic and histochemical studies, anatomical parameters of the leaf blade were identified that complement the complex of phenotypic traits of specific varieties: stomatal density and width, stomatal index, and covering trichome density on both surfaces of the leaf blade. Morphometric traits of the leaf blade epidermis are characterized by low (stomal length and width), medium (stomal and main epidermal cell density), and high (trichome density on both leaf surfaces) levels of variability. Variety-specific anatomical traits of the leaves of the Fuji Kiku Fubrax variety include the location of the stomata on both leaf surfaces and the small-celled epidermis of the adaxial leaf surface; the Golden Reinders variety has a weakly expressed crystal-bearing sheath of the leaf veins. Physiological and biochemical indicators of apple cultivar stress tolerance were identified: peroxidase activity, chlorophyll content in leaves, and the presence of condensed tannins in trichome basal cells and mesophyll schizogenous receptacles. Based on the studied indicators, the level of stress tolerance and xeromorphy of leaf blade structure decrease in the following series: Fuji Kiku Fubrax, Gala Devil, and Golden Reinders. Rapid methods for diagnosing apple cultivar stress tolerance are proposed based on the time of leaf bleaching with sodium hypochlorite solution and the localization of peroxidase and condensed tannins in preparations of fresh and bleached leaves.

Keywords: apple tree variety, genetic resource, phenotyping, anatomical characteristics of leaves, physiological and biochemical parameters, stress resistance, adaptive potential

For citation: Tamakhina AY, Beslaneev BB. Cultivar-specific microanatomical and physiological-biochemical traits as a genetic resource of apple plants in the foothill zone of Kabardino-Balkaria. *Proceedings of Gorsky State Agrarian University*. 2026;63(Pt3):134-145. (In Russ.). Available from: https://doi.org/10.54258/20701047_2026_63_3_134

Введение. Адаптационная способность растений яблони напрямую зависит от уровня напряженности абиотических стрессоров (инсоляция, перепады температур, повышенные температуры в период вегетации, недостаток или избыток почвенной влаги, инфекции и патогены и др.). В связи с этим актуально исследование генетических ресурсов яблони (сортов местной и научной селекции) и механизмов стрессоустойчивости для выявления генотипов и фенотипов с высоким адаптационным потенциалом и повышенной экологической пластичностью [1].

Выявление наиболее устойчивых сортов плодовых культур на определенных территориях произрастания включает различные подходы исследования, в числе которых немалую роль играет фенотипирование. Одним из самых информативных органов растений являются листья. Их форма,

размер, структура поверхности, особенности устьичного аппарата и кутикулы зависят от генотипа и окружающей среды, в частности, от комплекса стресс-факторов, характерных для конкретного места произрастания. Анализ параметров микроанатомии листа помогает различать сорта и проводить диагностику уровня адаптации к конкретным экологическим нишам [2]. Анатомо-морфологические особенности и метаболомная оценка листовых тканей (интенсивность физиолого-биохимических изменений и содержание отдельных метаболитов) являются показателями адаптации сортов яблони к воздействию стресс-факторов и косвенным методом диагностики сортов на адаптивность [3]. Данный подход позволяет осуществлять ускоренный отбор сортов яблони, перспективных для возделывания в конкретных почвенно-климатических условиях. Метаболическими маркерами адаптации растений яблони к высокотемпературному стрессу являются содержание катионов кальция, пролина, каротиноидов, аскорбиновой, хлорогеновой, кофейной кислот, малонового диальдегида, лигнина [3–7].

В настоящее время активизируется поиск новых биохимических индикаторов, которые можно использовать в качестве дополнительных диагностических показателей степени стрессоустойчивости плодовых растений. Имеются данные, подтверждающие роль хлорофилла в формировании устойчивости растений яблони к засухе [6]. Активность пероксидазы, участвующей в антиоксидантной защите, является индикатором физиологического состояния листа и устойчивости плодовых растений к абиотическим стрессорам или к патогенам [8–11]. Так, в исследованиях с разными сортами яблони корреляция между уровнем активности пероксидазы и устойчивостью к парше оказалась статистически значимой [8]. Изучение активности общей пероксидазы представляет интерес для использования в качестве дополнительного диагностического показателя степени стрессоустойчивости плодовых растений.

В диагностике показателей адаптивности растений немаловажную роль играет разработка экспресс-методов обнаружения индикаторов стрессоустойчивости и установления уровня их содержания в листьях. В решении этой задачи большую роль играют микроскопические и гистохимические исследования [4, 5].

Целью исследования стало изучение сортовых анатомических и физиолого-биохимических показателей листовой пластинки у растений яблони, дополняющих фенотипические признаки конкретных сортов регионального сортимента яблони, и возможности их применения в качестве диагностических показателей стрессоустойчивости.

Объект, условия и методы исследования. Исследования проводили в саду интенсивного типа на базе ФГБНУ «Северо-Кавказский научно-исследовательский институт горного и предгорного садоводства» (г. о. Нальчик, предгорная зона КБР). Объекты исследования – сорта яблони Гала Девил, Голден Рейндерс и Фуджи Кику Фубракс, привитые на слаборослый клоновый подвой М9. Схема посадки $3,5 \times 0,8$ м (рис. 1).

Сорт Фуджи Кику Фубракс отличается хорошей зимостойкостью, средней устойчивостью к низким и повышенным температурам, высокой устойчивостью к мучнистой росе и бактериальному ожогу, средней устойчивостью к парше.

Для сорта Гала Девил характерна высокая морозоустойчивость, средняя засухоустойчивость, низкая жароустойчивость, средняя устойчивость к парше и мучнистой росе.

Сорт Голден Рейндерс, включенный в Госреестр по Северо-Кавказскому региону, характеризуется средними зимостойкостью и засухоустойчивостью, высокой жароустойчивостью, слабой устойчивостью к парше и мучнистой росе.

Почвенно-климатические условия предгорной зоны КБР благоприятны для выращивания растений яблони. Климат умеренно-континентальный, без резких сезонных переходов. Сумма активных температур за период вегетации (2024–2025 гг.) составила в среднем 3100°C ; гидротермический коэффициент варьировал от 1,5 (2024 г.) до 1,7 (2025 г.); в июле-августе ГКТ снижался до 0,9–1,1. За вегетацию (апрель – октябрь) сумма осадков составила в 2024 г. 326 мм; в 2025 г. 618 мм при норме 445 мм. Среднемесячная температура за этот период составила соответственно 18,2 и $16,6^{\circ}\text{C}$, а относительная влажность воздуха 70–75 %.

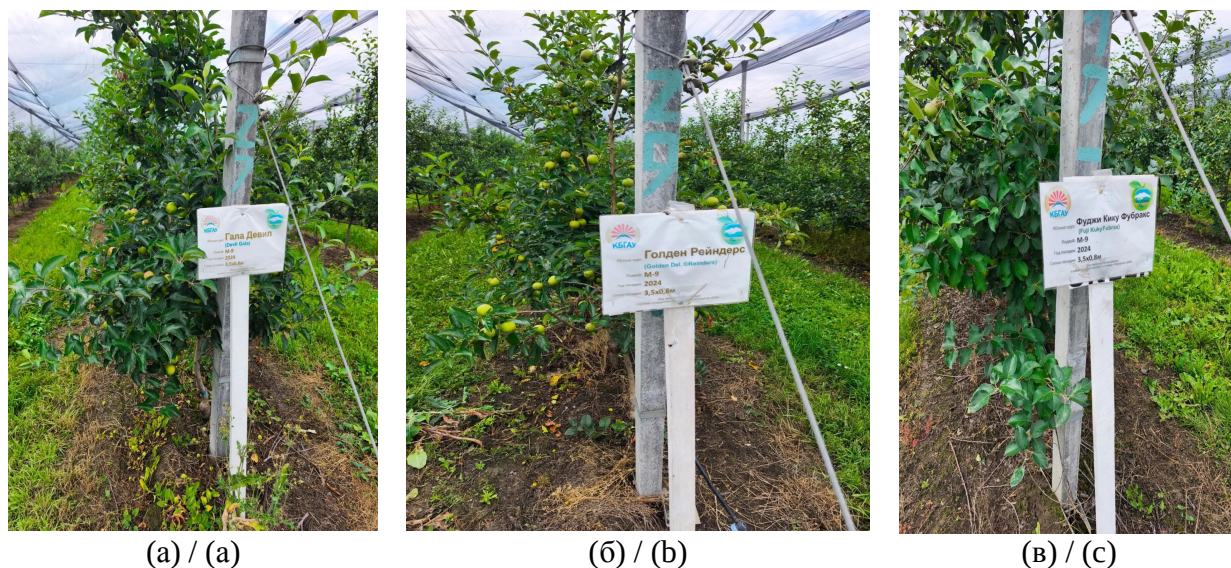


Рис. 1. Деревья яблони сортов Гала Девил (а), Голден Рейндерс (б), Фуджи Кики Фубракс (в) в интенсивном саду. Фотографии авторов.

Fig. 1. Apple trees of the Gala Devil (a), Golden Reinders (b), Fuji Kiku Fubrax (c) varieties in an intensive garden. Photos by the authors.

Почва опытного участка представлена выщелоченным черноземом. Мощность горизонтов А+В 80 см. Механический состав легкоглинистый. Объемная масса почвы в слое 20–40 см 1,22 г/см³. Содержание гумуса 4,8%; азота – 19,4, фосфора – 52,4, калия – 215 мг/кг; рН_{вод} 6,8.

Агротехнические мероприятия ухода за садом включали капельное орошение, внесение удобрений, ручное и химическое прореживание завязи, обработку ретардантом «Регалис». Основное внесение удобрений производилось в ранневесенний период (диаммофоска $N_{10}P_{26}K_{26}$ – 115 кг/га, хлористый калий – 50 кг/га); подкормка $N_{20}Ca_{40}$ в фазу распускания почек, $N_{15}Ca_{30}$ в фазу завязывания плодов; фертигация ($N_{45}P_{20}K_{60}$) на протяжении основной части вегетативного периода.

Для исследований отбирали полностью сформированные листья с однолетних побегов среднего яруса кроны яблони в первой декаде июля. Готовили временные препараты из срединной части листовой пластинки свежесобранных листьев и листьев, предварительно обесцвеченных в 10% растворе гипохлорита натрия при комнатной температуре (контроль степени обесцвечивания через каждые 12 час.). Препараты просматривали на световом микроскопе с общим увеличением 120×. На обесцвеченных листовых пластинках определяли плотность основных клеток эпидермиса и устьиц на площади 1 мм² (абаксиальная поверхность листовой пластинки). Число трихом на обеих поверхностях листа подсчитывали в поле зрения микроскопа (2,77 мм²). Биометрические параметры устьиц (длина и ширина замыкающих клеток) измеряли с использованием окуляр-микромера. Повторность: по 10 листьев 3-х деревьев каждого сорта, по 5 полей зрения на обеих поверхностях листа.

Содержание хлорофилла в листьях определяли в 80 % ацетоновой вытяжке спектрофотометрическим методом при длинах волн 663 и 644 нм, толщина кюветы 10 мм [12]. Активность пероксидазы (в единицах экстинции на 1 г сырой массы, Е/м) оценивали по скорости реакции окисления гваякола под действием фермента в тканях листьев за 1 мин. колориметрическим методом при длине волны 590 нм.

Для визуализации общих полифенолов обесцвеченные и свежесобранные листья окрашивали толуидиновым синим (0,05 % водный раствор) и железо-аммонийными квасцами (3 % водный раствор) [13]. Время окрашивания 5 мин. с последующим промыванием водой. При обработке квасцами для ускорения реакции предметное стекло с нанесенным на препарат реактивом нагревали в течение 10 с в пламени горелки. В обесцвеченных препаратах выявляли локализацию неводорастворимых полифенолов (антоцианы, стильбены, лигнаны, конденсированные дубильные вещества), а в свежесобранных листьях – как нерастворимых, так и растворимых в воде (гидроксикоричные кислоты, фла-

воноиды) полифенолов. Места активности пероксидазы определяли на препаратах из свежих листьев качественной реакцией гваякола с 1% перекисью водорода [14].

Результаты и обсуждение. Климатические условия в годы исследования позволили выделить стресс-факторы для растений яблони: жара (2024 г.), повышенная влажность почвы и воздуха (2025–2026 гг.) как благоприятный фон для развития патогенов. Растения сортов Фуджи Кику Фубракс и Гала Девил продемонстрировали устойчивость к патогенам. На листьях яблонь сорта Голден Рейндерс в 2025–2026 гг. отмечены признаки поражения бурой пятнистостью, на жилках листьев выявлены яйца щитовки.

По результатам микроскопии обесцвеченных препаратов листьев отмечены общие фенотипические признаки: гипостоматный тип листа; аномоцитный тип устьичного аппарата; волоски (кроющие трихомы) простые нитевидные, длинные, расположенные на жилках листа и межжилковых областях; расположение кроющих трихом и устьиц преимущественно на абаксиальной поверхности листа; многочисленные друзы оксалата кальция в клетках мезофилла, кристаллоносная обкладка вокруг проводящих пучков; клетки верхней эпидермы многоугольной формы с прямыми стенками, вдоль жилок полигональные; мелкоклеточность абаксиальной эпидермы (клетки многоугольной формы с прямыми или слегка извилистыми стенками).

Сортоспецифическими анатомическими признаками листьев сорта Фуджи Кику Фубракс являются расположение устьиц на обеих поверхностях листовой пластинки, что свидетельствует об адаптации к избыточному увлажнению, и чрезвычайно мелкоклеточный эпидермис абаксиальной поверхности листа (часть комплекса адаптации ксерофитов к сохранению воды). У сорта Голден Рейндерс структура кристаллоносной обкладки жилок листа и мощность её развития выражены слабо, что является признаком мезофитной структуры листа (рис. 2).

Установлено сходство листьев изучаемых сортов по локализации общих полифенолов – в схизогенных вместилищах мезофилла, жилках и базальных клетках кроющих трихом. Легкий отрыв волосков от эпидермиса и открытие выхода наружу веществам вторичного метаболизма свидетельствует о выполнении трихомами не только функции механической защиты, но и секреторной (выделительной) функции. В базальных клетках отдельных волосков (сорта Фуджи Кику Фубракс и Гала Девил) выявлены конденсированные дубильные вещества, которые играют многофункциональную защитную роль, действуя как барьер при повреждении, как антимикробные и антиоксидантные агенты, а также регуляторы роста и развития листа.

По результатам гистохимического окрашивания местом локализации гваякол-пероксидазы у сортов Фуджи Кику Фубракс и Гала Девил являются жилки листьев. У Голден Рейндерс пероксидаза отмечена также и в межжилковых областях, что, по-видимому, является сортоспецифичной реакцией листьев на стресс. Совместная локализация фенольных соединений и гваякол-пероксидазы в эпидермальных структурах листьев обусловлена окислением и полимеризацией полифенолов, являющихся предшественниками лигнина, в ответ на стресс [14].

Места локализации общих полифенолов на свежих и обесцвеченных листьях в целом совпадают, что свидетельствует о возможности диагностики состояния растений яблони по свежим листьям экспресс-методом.

Сорта яблони значительно различаются по морфометрическим показателям листьев (плотности и размеру устьиц, основных клеток эпидермиса, количеству кроющих трихом на обеих поверхностях листовой пластинки) (табл. 1).

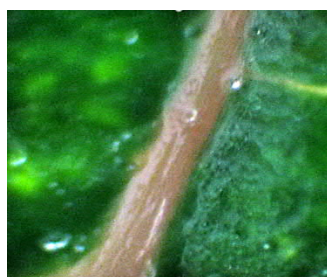
По результатам исследования показатель Д/Ш варьировал от 1,55 (Фуджи Кику Фубракс) до 1,83 (Голден Рейндерс). Отношение длины устьиц к их ширине является с одной стороны стабильным сортовым признаком, а с другой – способом адаптации к комплексу стрессоров. В благоприятных для яблони условиях устьица имеют более округлую форму, а показатель Д/Ш приближается к 1,0; в неблагоприятных условиях замыкающие клетки устьичного аппарата имеют более вытянутую форму [2].

Среди морфометрических показателей достоверное различие между сортами установлено по плотности устьиц, их ширине, устьичному индексу (Д/Ш), количеству кроющих трихом на обеих поверхностях листовой пластинки. Морфометрические признаки эпидермы листовой пластинки характеризуются низким (длина и ширина устьиц), средним (плотность устьиц и основных эпидермальных клеток) и высоким (плотность трихом на обеих поверхностях листа) уровнем изменчивости (рис. 3).

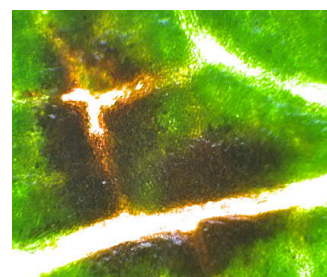
Гала Девил / Gala Devil



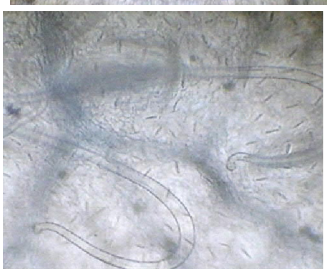
а / а



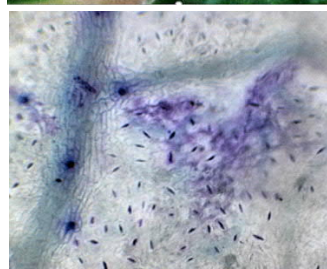
в / с



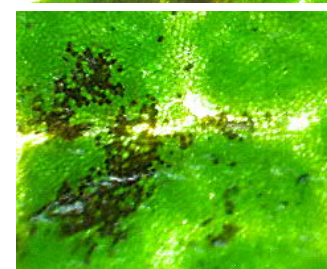
д / е



б / б

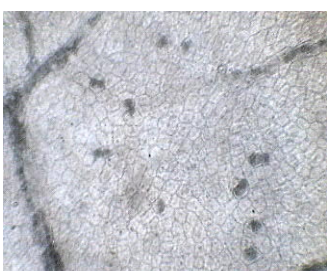


г / д

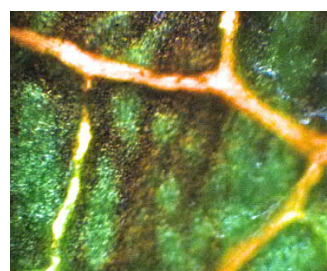


е / ф

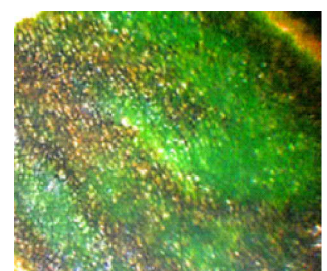
Голден Рейндерс / Golden Reinders



а / а



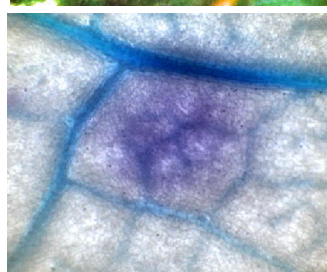
в / с



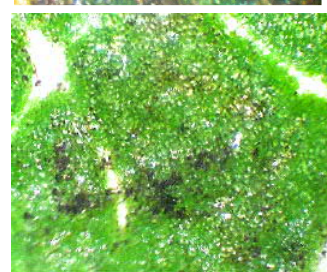
д / е



б / б

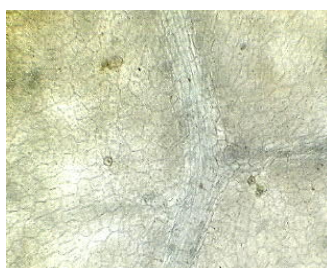


г / д



е / ф

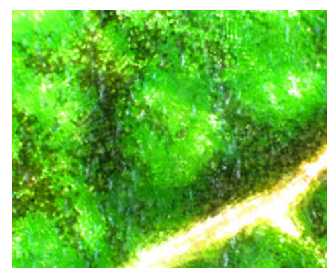
Фуджи Кики Фубракс / Fuji Kiku Fubrax



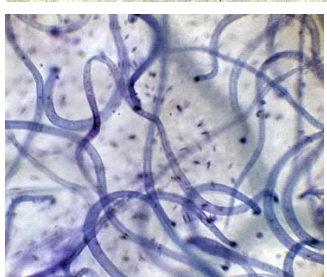
а / а



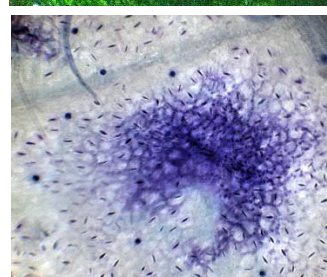
в / с



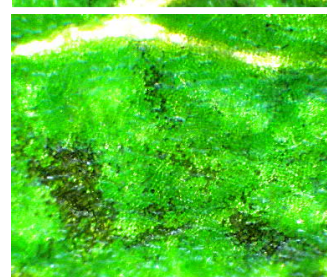
д / е



б / б



г / д



е / ф

Гала Девил, Фуджи Кики Фубракс / Gala Devil, Fuji Kiku Fubrax

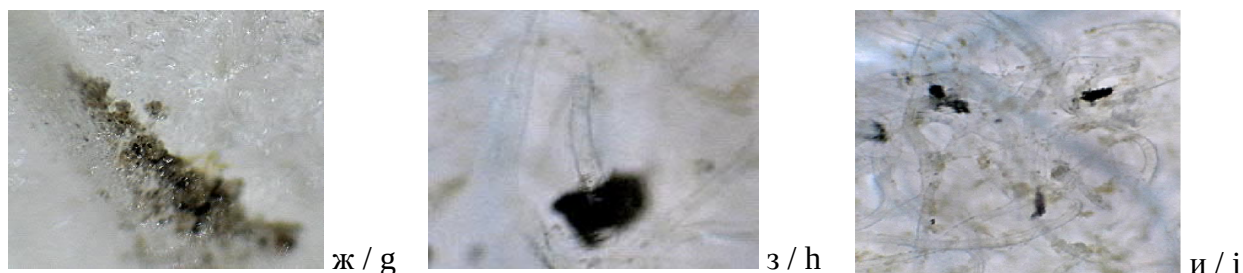


Рис. 2. Сортные анатомические и физиолого-гистохимические признаки листьев:

а) адаксиальная поверхность листовой пластинки; б) абаксиальная поверхность листовой пластинки; в) качественная реакция на пероксидазу; г) качественная реакция на водонерастворимые полифенолы с толуидиновым синим; д) качественная реакция на общие полифенолы с толуидиновым синим; е) качественная реакция на общие полифенолы с железо-аммонийными квасцами; ж) локализация конденсированных дубильных веществ в области жилки; з-и) локализация конденсированных дубильных веществ в основании волосков. Микрофотографии авторов.

Fig. 2. Varietal anatomical and physiological-histochemical characteristics of leaves:

а) adaxial surface of leaf blade; б) abaxial surface of leaf blade; в) qualitative reaction to peroxidase; д) qualitative reaction to water-insoluble polyphenols with toluidine blue; е) qualitative reaction to total polyphenols with toluidine blue; ф) qualitative reaction to total polyphenols with iron ammonium alum; г) localization of condensed tannins in the vein area; з-и) localization of condensed tannins at the base of hairs. Micrographs by the authors.

Таблица 1. Количественные показатели анатомических признаков эпидермы листа в зависимости от сорта яблони

Table 1. Quantitative indicators of anatomical features of the leaf epidermis depending on the apple variety

Признак / Sign	Сорт / Variety			НСР ₀₅ / LSD ₀₅
	Гала Девил / Gala Devil	Голден Рейндерс / Golden Reinders	Фуджи Кики Фубракс / Fuji Kiku Fubrax	
1	2	3	4	5
Плотность устьиц на абаксиальной поверхности, шт./мм ² / Density of stomata on the abaxial surface, pcs/mm ²	280 ± 4	220 ± 3	245 ± 2	15,6
Плотность устьиц на адаксиальной поверхности, шт./мм ² / Density of stomata on the adaxial surface, pcs/mm ²	–	–	4,3 ± 1,2	–
Длина устьиц (Д), мкм / Length of stomata (L), μm	53,7 ± 0,6	55,4 ± 0,4	54,1 ± 0,6	0,3
Ширина устьиц (Ш), мкм / Stomatal width (W), μm	32,8 ± 0,5	30,2 ± 0,2	35,3 ± 0,5	1,8
Д/Ш / L/W	1,64	1,83	1,55	0,06
Плотность основных эпидермальных клеток на адаксиальной поверхности, шт./мм ² / Density of main epidermal cells on the adaxial surface, pcs/mm ²	1073 ± 38,1	1130,6 ± 35,2	1375,8 ± 48,9	80,4

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5
Число кроющих трихом на адаксиальной поверхности, шт. в поле зрения / Number of covering trichomes on the adaxial surface, pcs. per field of view	$2,7 \pm 0,13$	$1,2 \pm 0,15$	$10,8 \pm 1,93$	1,3
Число кроющих трихом на абаксиальной поверхности, шт. в поле зрения / Number of covering trichomes on the abaxial surface, pcs. per field of view	$23,5 \pm 8,6$	$6,1 \pm 2,7$	$38,3 \pm 6,5$	9,5

Источник: составлено авторами на основании экспериментальных данных.

Source: compiled by the authors on the basis of experimental data.

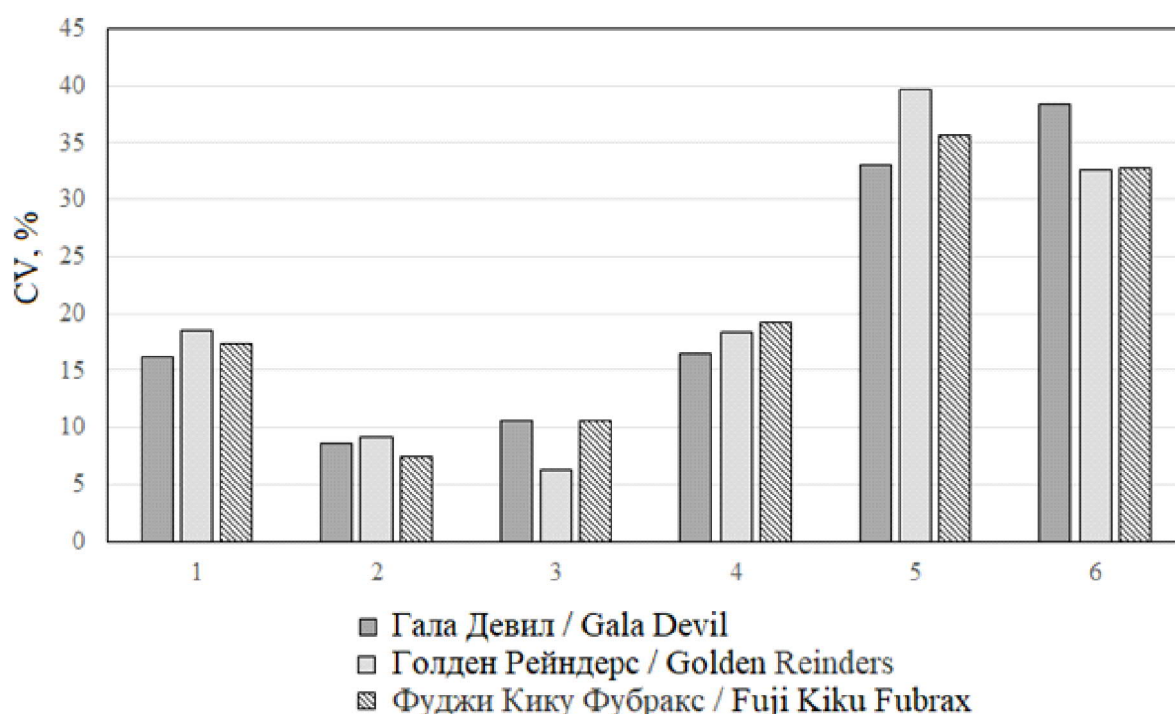


Рис. 3. Изменчивость морфометрических показателей листьев яблони:

1 – плотность устьиц; 2 – длина устьиц; 3 – ширина устьиц; 4 – плотность основных эпидермальных клеток; 5 – плотность трихом на абаксиальной поверхности листа; 6 – плотность трихом на адаксиальной поверхности листа.

Fig. 3. Variability of morphometric parameters of apple leaves:

1 – stomatal density; 2 – stomatal length; 3 – stomatal width; 4 – density of main epidermal cells; 5 – density of trichomes on the abaxial surface of the leaf; 6 – density of trichomes on the adaxial surface of the leaf.

Источник: составлено авторами.

Source: compiled by the authors.

Стабильно высокое содержание суммы хлорофиллов в течение лета является признаком хорошей фотосинтетической способности и адаптивности к жаре и засухе [15]. По результатам количественного анализа содержание суммы хлорофиллов (a+b) является сортовой особенностью и варьирует от 4,85 мг/г сухого веса у сорта Голден Рейндерс до 7,05 мг/г у сорта Фуджи Кику Фубракс (табл. 2).

Таблица 2. Время обесцвечивания листьев в зависимости от содержания хлорофилла
Table 2. Leaf discoloration time depending on chlorophyll content

Параметр / Parameter	Сорт / Variety		
	Golden Reinders	Gala Devil	Fuji Kiku Fubrax
Время обесцвечивания, час. / Bleaching time, hours	24,0	36,0	48
Содержание хлорофилла (a+b), мг/г сухого веса / Chlorophyll content (a+b), mg/g dry weight	4,85	6,38	7,05

Источник: составлено авторами на основании экспериментальных данных.

Source: compiled by the authors on the basis of experimental data.

Положительная корреляция содержания хлорофилла с продолжительностью обесцвечивания препаратов листьев свидетельствует о возможности диагностики стрессоустойчивости сортов яблони по времени обесцвечивания фрагментов листовой пластинки в 10 % растворе гипохлорита натрия при комнатной температуре.

Выявлены сортовые особенности активности пероксидазы в листьях по годам исследования (табл. 3).

Таблица 3. Активность пероксидазы в листьях однолетних побегов яблони
Table 3. Peroxidase activity in the leaves of one-year-old apple tree shoots

Сорт / Variety	Активность пероксидазы, Е/м / Peroxidase activity, E/m		
	2024 г. / 2024	2025 г. / 2025	Среднее / Average
Гала Девил / Gala Devil	1,28	1,18	1,23
Голден Рейндерс / Golden Reinders	1,20	1,44	1,32
Фуджи Кикю Фубракс / Fuji Kiku Fubrax	1,25	1,16	1,20

Источник: составлено авторами на основании экспериментальных данных.

Source: compiled by the authors on the basis of experimental data.

Активность пероксидазы в 2024 г. (стресс-фактор – высокая температура воздуха в летний период) была наименьшей у Голден Рейндерс, что свидетельствует о высокой жаростойкости данного сорта. У Гала Девил активность пероксидазы в тканях листьев была максимальной среди изученных сортов (слабая жаростойкость). В 2025–2026 гг. на фоне оптимальной температуры и повышенной влажности воздуха листья Голден Рейндерс были поражены патогенами. Активность пероксидазы в листьях данного сорта повысилась на 0,24 Е/м. У сортов Гала Девил и Фуджи Кикю Фубракс активность фермента снизилась на 0,10 и 0,09 Е/м по сравнению с 2024 г. Среднее значение активности пероксидазы снижается в ряду: Голден Рейндерс, Гала Девил, Фуджи Кикю Фубракс.

Результаты количественного анализа подтверждаются гистохимическим выявлением локализации пероксидазы на препаратах листьев. Следовательно, в качестве экспресс-метода диагностики стрессоустойчивости сортов яблони можно использовать качественную гистохимическую реакцию на пероксидазу в препаратах из свежих листьев.

По ряду микроанатомических (высокие плотность трихом и устьиц, уменьшение линейных размеров устьиц, мелкоклеточность основных эпидермальных клеток, наличие друз оксалата кальция,

устичный индекс) и физиолого-биохимических (высокое содержание хлорофилла, незначительное варьирование активности пероксидазы, накопление в схизогенных вместилищах мезофилла полифенолов, наличие конденсированных дубильных веществ в базальных клетках кроющих трихом и вместилищах) признаков уровень стрессоустойчивости и ксероморфность структуры листовой пластинки снижаются в ряду: Фуджи Кику Фубракс, Гала Девил, Голден Рейндерс.

Заключение

По результатам исследования выделены анатомические показатели листовой пластинки, характеризующие адаптационную устойчивость растений яблони к повреждающим стрессорам летнего периода и дополняющие комплекс фенотипических признаков конкретных сортов: плотность и ширина устьиц, устьичный индекс, плотность кроющих трихом на обеих поверхностях листовой пластинки. Морфометрические признаки эпидермы листовой пластинки характеризуются низким (длина и ширина устьиц), средним (плотность устьиц и основных эпидермальных клеток) и высоким (плотность трихом на обеих поверхностях листа) уровнем изменчивости.

Сортоспецифическими микроанатомическими признаками сорта Фуджи Кику Фубракс являются расположение устьиц на обеих поверхностях листовой пластинки и мелкоклеточный эпидермис адаксиальной поверхности листа; сорта Голден Рейндерс – слабая выраженность кристаллоносной обкладки жилок листа.

Физиолого-биохимическими индикаторами стрессоустойчивости сортов яблони являются активность пероксидазы, содержание хлорофилла в листьях, наличие конденсированных дубильных веществ в базальных клетках трихом и схизогенных вместилищах мезофилла.

По микроанатомическим признакам и физиолого-биохимическим показателям уровень стрессоустойчивости и ксероморфность структуры листовой пластинки снижаются в ряду: Фуджи Кику Фубракс, Гала Девил, Голден Рейндерс.

Предложены экспресс-методы диагностики стрессоустойчивости сортов яблони по времени обесцвечивания листьев (высокая положительная корреляция с содержанием хлорофилла в тканях листа), локализации пероксидазы (прямая корреляция активности пероксидазы с площадью визуализации фермента на препаратах из свежих листьев), наличию конденсированных дубильных веществ (на препаратах из обесцвеченных листьев).

Полученные результаты представляют интерес для использования в селекционных целях в качестве диагностических показателей степени устойчивости сортов и форм яблони к стрессорам, для оценки эффективности их акклиматизации и рационального использования генетических ресурсов.

Список источников

1. Водный обмен и пигментный состав листьев яблони в связи с засухой / Н. И. Ненько, Г. К. Киселева, Е. В. Ульяновская [и др.] // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2021. № 69(3). С. 123–137. <https://doi.org/10.30679/2219-5335-2021-3-69-123-137>. EDN SJZRIR.
2. Полиморфизм устьиц листьев яблони *Malus domestica* Borkh. в горах и на равнине / А. В. Бабоша, Т. Х. Кумахова, А. С. Рябченко [и др.] // Известия Российской академии наук. Серия биологическая. 2020. № 4. С. 361–374. <https://doi.org/10.31857/S0002332920040037>. EDN SOZJGK.
3. Метаболические изменения у сортов яблони с различной устойчивостью к парше в ответной реакции на воздействие стрессоров летнего периода / Г. К. Киселева, Н. И. Ненько, А. В. Караваева [и др.] // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2019. № 59(5). С. 65–77. <https://doi.org/10.30679/2219-5335-2019-5-59-65-77>. EDN LZSUEP.
4. Characterizing Water Use Efficiency and Water Deficit Responses in Apple (*Malus × domestica* Borkh. and *Malus sieversii* Ledeb.) M. Roem. / C. L. Bassett, D. M. Glenn, Ph. L. Forsline [et al.]. // HortScience. 2011. Vol. 46, № 8. P. 1079–1084. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.46.8.1079>.
5. Bhusal N., Han S. G., Yoon T. M. Impact of drought stress on photosynthetic response, leaf water potential, and stem sap flow in two cultivars of bi-leader apple trees (*Malus × domestica* Borkh.) // Scientia Horticulturae. 2019. Vol. 246. P. 535–543. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.11.021>.
6. Effects of drought stress on photosynthesis and photosynthetic electron transport chain in young apple tree leaves / Z. Wang, G. Li, H. Sun [et al.] // Biology Open. 2018. Vol. 7, No. 11. Bio035279. <https://doi.org/10.1242/bio.035279>.

7. The vacuolar Ca^{2+} activated channel TPC1 regulates germination and stomatal movement / E. Peiter, F. Maathuis, L. Mills [et al.]. // *Nature*. 2005. Vol. 434. P. 404–408. <https://doi.org/10.1038/nature03381>
8. Голышкина Л. В., Красова Н. Г., Галашева А. М. Влияние гипертермии на активность ферментной системы пероксидазы в тканях однолетних побегов яблони // *Современное садоводство*. 2014. № 4(12). С. 50–59. EDN TCGHCN.
9. Гудковский В. А., Каширская Н. Я., Цуканова Е. М. Стресс плодовых растений. – Воронеж: Кварта, 2005. 127 с. ISBN: 5-89609-070-6. EDN QKXDVB.
10. Мишко А. Е., Луцкий Е. О. Динамика активности пероксидазы и ее изоформ в листьях разных сортов яблони // *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2021. Т. 182, № 3. С. 37–43. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2021-3-37-43>. EDN FMDLMH.
11. Gulen H., Eris A. Effect of heat stress on peroxidase activity and total protein content in strawberry plants // *Plants Science*. 2004. Vol. 166, № 3. P. 739–744. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2003.11.014>.
12. Гавриленко В. Ф., Жигалова Т. В. Большой практикум по фотосинтезу. – Москва: Академия, 2003. 256 с. ISBN 5-7695-1110-9.
13. Гистохимия трихом официальных представителей семейства Asteraceae / К. Н. Разаренова, Е. В. Бабушкина, П. Д. Смирнов [и др.]. // *Медицинский альманах*. 2017. № 3(48). С. 193–198. EDN ZMPZDJ.
14. Тамахина А. Я. Морфология выделительной ткани и вторичных метаболитов листьев *Campsis radicans* (L.) Seem. и *Lonicera caprifolium* L. в связи с засухоустойчивостью // *Субтропическое и декоративное садоводство*. 2024. № 90. С. 104–114. <https://doi.org/10.31360/2225-3068-2024-90-104-115>. EDN AFTGMK.
15. Оценка устойчивости сортов яблони к жаре и засухе в условиях Краснодарского края / Г. К. Киселева, Е. В. Ульяновская, А. А. Хохлова [и др.]. // *Таврический вестник аграрной науки*. 2022. № 3(31). С. 84–92. EDN OKEVWJ.

References

1. Nenko NI, Kiseleva GK, Ulyanovskaya EV, et al. Water metabolism and pigmental complex of apple leaves in connection with drought. *Fruit growing and viticulture of South Russia*. 2021;69(3):123–37. (In Russ.). Available from: <https://doi.org/10.30679/2219-5335-2021-3-69-123-137>. EDN: SJZRIR.
2. Babosha AV, Kumachova TK, Ryabchenko AS, et al. Stomata Polymorphism in Leaves of Apple Trees (*Malus domestica* Borkh.) growing under mountain and plain conditions. *Proceedings of the Russian Academy of Sciences. Biological series*. 2020;(4):361–74. (In Russ.). Available from: <https://doi.org/10.31857/S0002332920040037>. EDN: SOZJGK.
3. Kiseleva GK, Nenko NI, Karavaeva AV, et al. Metabolic changes of apple-tree varieties with different stability to a scab as a response reaction to the influence of summer stresses. *Fruit growing and viticulture of South Russia*. 2019;59(5):65–77. (In Russ.). Available from: <https://doi.org/10.30679/2219-5335-2019-5-59-65-77>. EDN: LZSUEP.
4. Bassett CL, Glenn DM, Forsline PhL, et al. Haracterizing Water Use Efficiency and Water Deficit Responses in Apple (*Malus × domestica* Borkh. and *Malus sieversii* Ledeb.) M. Roem. *HortScience* [Internet]. 2011 Aug [cited 2026 Jun 25];46(8):1079–84. Available from: <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.46.8.1079> English.
5. Bhusal N, Han SG, Yoon TM. Impact of drought stress on photosynthetic response, leaf water potential, and stem sap flow in two cultivars of bi-leader apple trees (*Malus × domestica* Borkh.). *Scientia Horticulturae* [Internet]. 2019 Feb [cited 2026 Jun 25];(246):535–43. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.11.021> English.
6. Wang Z, Li G, Sun H, et al. Effects of drought stress on photosynthesis and photosynthetic electron transport chain in young apple tree leaves. *Biology Open* [Internet]. 2018 Nov [cited 2026 Jun 25];7(11):bio035279. Available from: <https://doi.org/10.1242/bio.035279> English. PubMed PMID: 30127094. PubMed Central PMCID: PMC6262865.
7. Peiter E, Maathuis F, Mills L, et al. The vacuolar Ca^{+} activated channel TPC1 regulates germination and stomatal movement. *Nature*. [Internet]. 2005 Mar 17 [cited 2026 Jun 25];(434):404–8. Available from: <https://doi.org/10.1038/nature03381> English.

8. Golyshkina LV, Krasova NG, Galasheva AM. Hyperthermia effect on the activity of the enzyme system of peroxidase in tissues of annual apple shoots. *Contemporary horticulture*. 2014;4(12):50-9. (In Russ.). EDN: TCGHCN.
9. [Gudkovsky VA, Kashirskaya NYa, Tsukanova EM. *Fruit Plant Stress*. Voronezh: Kvarta Publ; 2005]. (In Russ.). ISBN: 5-89609-070-6. EDN: QKXDVB.
10. Mishko AE, Lutskiy EO. Dynamics in the activity of peroxidase and its isoforms in leaves of different apple cultivars. *Proceedings on applied botany, genetics and breeding*. 2021;182(3):37–43. (In Russ.). Available from: <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2021-3-37-43>. EDN: FMDLMH.
11. Gulen H, Eris A. Effect of heat stress on peroxidase activity and total protein content in strawberry plants. *Plant Science* [Internet]. 2004 Mar [cited 2026 Jun 25];166(3):739–44. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2003.11.014> English.
12. [Gavrilenko VF, Zhigalova TV. *Large workshop on photosynthesis*. Moscow: Akademiya Publ.; 2003]. (In Russ.). ISBN: 5-7695-1110-9.
13. Razarenova KN, Babushkina EV, Smirnov PD, et al. Histochemistry of officinal trichomes representing Lamiaceae family. *Medicinskij al'manah*. 2017;3(48):193–8. (In Russ.). EDN: ZMPZDJ.
14. Tamakhina AYa. Morphology of the excretory tissue and secondary metabolites in *Campsis radicans* (L.) Seem. and *Lonicera caprifolium* L. leaves due to drought resistance. *Subtropical and ornamental horticulture*. 2024;(90):104–14. (In Russ.). Available from: <https://doi.org/10.31360/2225-3068-2024-90-104-115>. EDN: AFTGMK.
15. Kiseleva GK, Ulyanovskaja EV, Khokhlova AA, et al. Evaluation of drought and heat resistance of apple tree varieties under conditions of Krasnodar Krai. *Taurida Herald of the Agrarian Sciences*. 2022;3(31):84–92. (In Russ.). EDN: OKEVWJ.

Информация об авторах

А. Я. Тамахина – доктор сельскохозяйственных наук, профессор;

Б. Б. Бесланев – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент.

Вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 20.07.2026; одобрена после рецензирования 28.08.2026; принята к публикации 03.09.2026.

Information about the authors

A. Ya. Tamakhina – DSc (Agriculture), Professor;

B. B. Beslanev – PhD (Agriculture), Associate Professor.

Contribution of the authors

The authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

The article was submitted to the editorial office on 20.07.2026; approved after review 28.08.2026; accepted for publication 03.09.2026.



Научная статья

УДК 633.39

https://doi.org/10.54258/20701047_2026_63_3_146

Биоресурсный потенциал листостебельной массы образцов амаранта (*Amaranthus caudatus* L.) К-69 (Австралия) и К-53 (Камерун), интродуцированных в предгорной зоне РСО-Алания, для рационального использования в силосопроизводстве

Лариса Черменовна Гагиева¹, Лейла Важаевна Чкареули^{2✉},
Асланбек Хасанович Козырев³

^{1,3}Горский государственный аграрный университет, Владикавказ, Россия

²Северо-Кавказский горно-металлургический институт, Владикавказ, Россия

¹laragagieva@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0566-7854>

²chkareuli.leila@mail.ru[✉], <https://orcid.org/0009-0003-0543-2937>

³ironlag@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2790-7895>

Аннотация. В условиях дефицита белковых кормов особую актуальность приобретает изучение пригодности нетрадиционных культур, в частности, амаранта, для производства силоса с оптимальным химическим составом и высокой энергетической ценностью. Целью работы было изучение продукционного потенциала и кормового качества двух образцов амаранта (*Amaranthus caudatus* L.) К-69 (Австралия) и К-53 (Камерун) в условиях предгорной зоны РСО–Алания. В качестве объектов исследования использовались коллекционные образцы разного происхождения амаранта (*Amaranthus caudatus* L.) собранные в период полного цветения. Фенологические наблюдения показали, что продолжительность вегетационного периода до созревания семян составляет 125 дней, что характеризует данные образцы как среднеспелые. По биометрическим параметрам растения относятся к высокорослым (270–280 см), урожайность биомассы варьирует от 1087,8 до 1115,8 ц/га. Ключевым фактором, определяющим продуктивность, является фотосинтез. Установлено непрерывное развитие ассимилирующей поверхности на протяжении всего жизненного цикла. У образца К-69 площадь листьев увеличивалась от 106,93 тыс. м²/га (фаза цветения) до 218,45 тыс. м²/га (фаза созревания), суммарный фотосинтетический потенциал (ФП) составил 2928,42 млн. м²·сут./га. У образца К-53 площадь листовой поверхности в фазу цветения достигла 79,05 тыс. м²/га, а к созреванию – 17,55 тыс. м²/га, при ФП 3166,12 млн. м²·сут./га. Вегетативная масса образцов является высококачественным сырьём для кормопроизводства. Силосы из К-69 и К-53 характеризуются оптимальным соотношением органических кислот: содержание молочной кислоты составило 84,64 % и 76,53 %, уксусной – 15,99 % и 22,34 % соответственно. Таким образом, образцы амаранта К-69 (Австралия) и К-53 (Камерун) обладают ценными хозяйственно-биологическими характеристиками и могут быть рекомендованы для внедрения в агробиоценозы предгорной зоны РСО-Алания в качестве перспективных силосных культур.

Ключевые слова: амарант (*Amaranthus caudatus* L.), интродукция, фотосинтетическая активность, продуктивность, урожайность, силос, кормовая ценность, молочная кислота, предгорная зона, РСО-Алания

Для цитирования: Гагиева Л.Ч., Чкареули Л.В., Козырев А.Х. Биоресурсный потенциал листостебельной массы образцов амаранта (*Amaranthus caudatus* L.) К-69 (Австралия) и К-53 (Камерун), интродуцированных в предгорной зоне РСО-Алания, для рационального использования в силосопроизводстве // Известия Горского государственного аграрного университета. 2026. Т. 63, № 3. С. 146-156. https://doi.org/10.54258/20701047_2026_63_3_146

Scientific paper

**Bioresource potential of the leaf-stem mass of amaranth samples
(*Amaranthus caudatus* L.) K-69 (Australia) and K-53 (Cameroon),
introduced in the foothill zone of the Republic of North Ossetia-Alania,
for rational use in silage production**

Larisa Ch. Gagieva¹, Leila V. Chkareuli²✉, Aslanbek Kh. Kozyrev³

^{1,3}Gorsky State Agrarian University, Vladikavkaz, Russia

²North Caucasus Mining and Metallurgical Institute, Vladikavkaz, Russia

¹laragagieva@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0566-7854>

²chkareuli.leila@mail.ru✉, <https://orcid.org/0009-0003-0543-2937>

ironlag@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2790-7895>

Abstract. In the context of protein feed deficiency, the study of the suitability of unconventional crops, particularly amaranth, for the production of silage with optimal chemical composition and high energy value is of particular relevance. The aim of the work was to study the production potential and forage quality of two amaranth samples (*Amaranthus caudatus* L.) K-69 (Australia) and K-53 (Cameroon) in the conditions of the foothill zone of the Republic of North Ossetia-Alania. The objects of the study were collection samples of different origin of amaranth (*Amaranthus caudatus* L.) collected during the full flowering period. Phenological observations showed that the growing period until seed maturation is 125 days, which characterizes these samples as mid-season. According to biometric parameters, the plants are tall-growing (270–280 cm), with biomass yield ranging from 1087.8 to 1115.8 c/ha. The key factor determining productivity is photosynthesis. Continuous development of the assimilating surface throughout the life cycle was observed. In sample K-69, leaf area increased from 106.93 thousand m²/ha (flowering phase) to 218.45 thousand m²/ha (ripening phase), with a total photosynthetic potential (FPP) of 2928.42 million m²·day/ha. In sample K-53, leaf area reached 79.05 thousand m²/ha at flowering and 17.55 thousand m²/ha at ripening, with an FPP of 3166.12 million m²·day/ha. The vegetative mass of the samples is high-quality raw material for feed production. Silages from K-69 and K-53 are characterized by an optimal ratio of organic acids: lactic acid content was 84.64 % and 76.53 %, acetic acid – 15.99 % and 22.34 %, respectively. Butyric acid was not detected; the pH ranged from 4.3 to 4.4. Thus, amaranth samples K-69 (Australia) and K-53 (Cameroon) possess valuable economic and biological characteristics and can be recommended for introduction into agrobiocenoses of the foothill zone of the Republic of North Ossetia-Alania as promising silage crops.

Key words: amaranth (*Amaranthus caudatus* L.), introduction, photosynthetic activity, productivity, yield, silage, forage quality, lactic acid, foothill zone, Republic of North Ossetia–Alania

For citation: Gagieva LCh, Chkareuli LV, Kozyrev AKh. Bioresource potential of the leaf-stem mass of amaranth samples (*Amaranthus caudatus* L.) K-69 (Australia) and K-53 (Cameroon), introduced in the foothill zone of the Republic of North Ossetia-Alania, for rational use in silage production. *Proceedings of Gorsky State Agrarian University*. 2026;63(Pt3):146-156. (In Russ.). Available from: https://doi.org/10.54258/20701047_2026_63_3_146

Введение. Рациональное использование растительных биоресурсов предполагает поиск и внедрение культур, обладающих высокой адаптивностью, продуктивностью и сбалансированным биохимическим составом. Амарант (*Amaranthus* spp.) рассматривается как перспективная культура для кормопроизводства благодаря высокой урожайности, содержанию белка, аминокислот и биологически активных веществ, а также способности к интенсивному росту в различных почвенно-климатических условиях [1–3].

Фитомасса амаранта отличается богатым набором биологически активных веществ: в ней содержатся сквален, фенольные соединения и антиоксиданты (витамины В, С, α-токоферол), флавоноиды

(кверцетин, треолин, рутин), гликозиды, алкалоиды (амарантин, бетанин), антидиуретические компоненты, летучие соединения с аллелопатическими свойствами, а также пектины, обладающие детоксикационными, радиопротекторными и бактерицидными свойствами [4-6]. Высокое содержание белка в листьях (до 15 %) и сбалансированный аминокислотный профиль, в том числе повышенная концентрация серосодержащих аминокислот, позволяют относить белок амаранта к числу лучших растительных белков. При этом максимальное накопление биологически активных соединений приходится на фазу бутонизации – начала цветения, что важно учитывать при планировании сроков заготовки сырья для различных направлений использования [7; 8; 12].

Благодаря С4 – типу фотосинтеза амарант эффективно использует воду и углекислый газ, что делает его перспективным для возделывания в регионах с нестабильным увлажнением, в том числе в предгорных зонах [6; 9].

Амарант, наряду с многолетними бобовыми и некоторыми другими травами, тяжело поддается силосованию из-за дефицита растворимых сахаров. В основе этого процесса лежит теория сахарного минимума: чтобы кормовая масса заквасилась правильно, фактический уровень сахара в сырье должен превышать или как минимум равняться критическому порогу (коэффициент ≥ 1). Под сахарным минимумом понимается тот объем углеводов, который необходим молочнокислым бактериям для выработки кислоты, способной снизить pH массы до 4,2 с учетом естественной буферной емкости растений [14]. Именно такой уровень кислотности блокирует размножение гнилостной микрофлоры и гарантирует сохранность корма.

Рациональное использование растительных биоресурсов предполагает не только оценку продуктивности культуры, но и комплексную характеристику её адаптивного потенциала, кормовой ценности, технологических свойств сырья, а также потенциала многоцелевого применения (в кормопроизводстве, пищевой биотехнологии, производстве функциональных добавок) [11; 13]. Учитывая выраженную генотипическую изменчивость амаранта, сравнительная оценка коллекционных образцов в новых агроклиматических условиях позволяет выявить наиболее ценные биоресурсные объекты для практического использования [5; 9; 12]. При этом оценка качества силоса, включая биохимический состав и параметры ферментации, имеет важное значение для интеграции амаранта в кормовые севообороты и повышения эффективности использования местных биоресурсов [10; 12; 14].

Целью исследования стало изучение использования потенциала листостебельной массы коллекционных образцов амаранта (*Amaranthus caudatus* L.) К-69 (Австралия) и К-53 (Камерун), интродуцированных в предгорной зоне РСО-Алания, а также определение влияния видовой принадлежности на состав и качество полученных силосов.

Материалы и методы исследования. Материалом для анализа стали образцы биомассы коллекционных экземпляров амаранта различного происхождения (*Amaranthus caudatus* L.), отобранные в фазе полного цветения. Исследование морфологических, биологических, морфометрических и фенологических характеристик проводилось на протяжении вегетационного периода. Для изучения были отобраны образцы силосов, произведенных из амаранта вида (*Amaranthus caudatus* L.) К-69 и К-53.

Экспериментальные исследования реализованы на опытном поле НИИ Биотехнологии Горского ГАУ (РСО-Алания). Фенологические наблюдения проводили в естественных условиях предгорной зоны. Статистическую обработку результатов осуществляли стандартными методами [15].

Результаты исследований и их обсуждение. Фенологические наблюдения за *Amaranthus caudatus* L. проводились в естественных условиях предгорной зоны Республики Северная Осетия-Алания. Полученные результаты демонстрируют адаптивность этого вида к неблагоприятным условиям окружающей среды, его способность формировать достаточный урожай зеленой массы и семян, что делает перспективным его внедрение в сельскохозяйственную практику. На ранних стадиях роста исследуемые образцы амаранта развивались практически идентично, демонстрируя устойчивость к болезням, вредителям и неблагоприятным погодным условиям. Период созревания семян у образцов (*Amaranthus caudatus* L.) К-53 и К-69 занимает 125 дней.

Амарант, благодаря быстрому росту, засухоустойчивости и способности прорасти при 10–12 °С, представляет собой перспективную кормовую культуру. Урожайность, как показатель выхода полез-

ной части растения с единицы площади, зависит от генетических особенностей вида и его адаптации к различным стрессовым факторам окружающей среды.

Установлено непрерывное развитие ассимилирующей поверхности на протяжении всего жизненного цикла исследуемых образцов. У образца К-69 площадь листьев значительно увеличивалась от фазы цветения (106,93 тыс. м²/га) к фазе созревания (218,45 тыс. м²/га), что обеспечило суммарный фотосинтетический потенциал (ФП) 2928,42 млн. м²·сут./га. У образца К-53 отмечено снижение площади листовой поверхности к созреванию (с 79,05 до 17,55 тыс. м²/га), что связано с более ранним старением листового аппарата и оттоком ассимилянтов в генеративные органы. Однако ФП у этого образца составил 3166,12 млн. м²·сут./га за счёт более интенсивной работы листьев в средние фазы вегетации.

Выявлена прямая зависимость между величиной фотосинтетического потенциала и урожайностью биомассы. Несмотря на более низкий ФП у образца К-69, урожайность оказалась сопоставимой с К-53 (1087,8 против 1115,8 ц/га). Полученные данные позволяют предположить, что образец австралийского происхождения характеризуется более высокой эффективностью трансформации продуктов фотосинтеза в биомассу.

Динамика площади листьев по фазам вегетации представлена на рисунке 1.

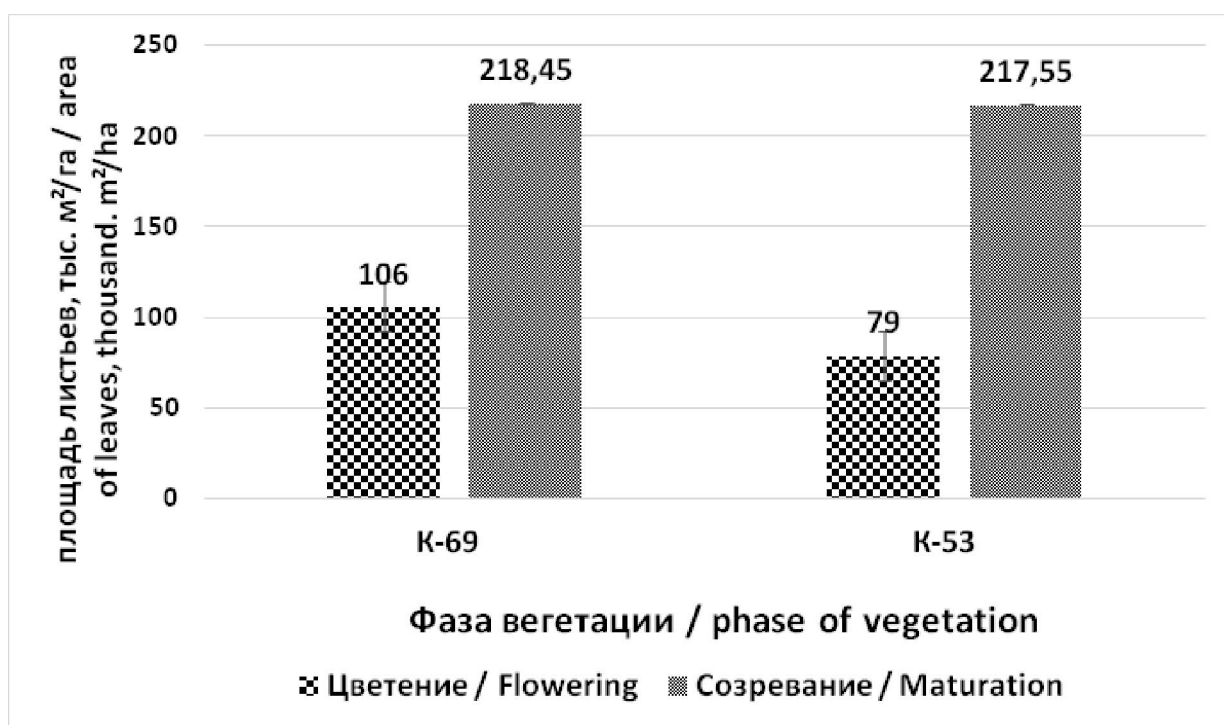


Рис. 1. Динамика площади листьев образцов амаранта (*Amaranthus caudatus* L.) в фазы цветения и созревания, тыс. м²/га

Fig. 1. Dynamics of leaf area of amaranth samples (*Amaranthus caudatus* L.) at flowering and ripening phases, thousand m²/ha

Источник: составлено авторами на основании экспериментальных данных.
Source: compiled by the authors on the basis of experimental data.

Проведенные исследования позволили выявить значительные различия в составе силосов, полученных из различных образцов амаранта (табл. 1). Содержание сухого вещества колебалось в пределах от 31,03 до 31,62 %, что является оптимальным для качественной ферментации. Наибольшее содержание сухого вещества выявлено в силосах из образца К-53 (31,62 %).

Наибольшая концентрация сырого протеина в сухом веществе наблюдалась в силосе, полученном из образца К-69 (18,00 %), что достоверно выше ($p < 0,05$), чем в образце К-53 (14,57 %). Это делает силос из образца К-69 перспективным источником белка в рационах сельскохозяйственных

животных. По содержанию клетчатки различия между образцами были незначительными (18,59 % у К-69 и 18,94 % у К-53). Содержание золы в силосах было стабильным: 14,23 % (К-69) и 14,20 % (К-53). Образец К-69 достоверно превосходил К-53 по содержанию кальция (1,18 % против 1,16 %) и фосфора (0,90 % против 0,67 %).

Таблица 1. Фенологические и биологические характеристики (*Amaranthus caudatus* L.)

К-69 и К-53

Table 1. Phenological and biological characteristics of amaranth samples (*Amaranthus caudatus* L.)

К-69 and К-53

Признак / Sign	К-69	К-53	HCP ₀₅ , % / LSD ₀₅ , %
Группа спелости / Ripening group	Среднеспелый / Mid-season	Среднеспелый / Mid-season	–
Продолжительность вегетации (до созревания семян), дни / Growing period (until seed maturation), days	125 ± 2	125 ± 2	–
Высота растений, см / Plant height, cm	270–280	270–280	–
Урожайность биомассы, ц/га / Biomass yield, c/ha	1087,8 ± 28,4	1115,8 ± 28,4	28,4
Площадь листьев в фазе цветения, тыс. м ² /га / Leaf area at flowering phase, thousand m ² /ha	106,93 ± 8,72	79,05 ± 8,72	8,72
Площадь листьев в фазе созревания, тыс. м ² /га / Leaf area at ripening phase, thousand m ² /ha	218,45 ± 12,36	217,55 ± 12,36	12,36
Суммарная фотосинтетическая активность (ФП), млн м ² ·сут/га / Total photosynthetic activity (FPP), million m ² ·day/ha	2928,42 ± 189,5	3166,12 ± 189,5	189,5
Сухое вещество в силосе, % / Dry matter in silage, %	31,03 ± 0,84	31,62 ± 0,84	0,84
Сырой протеин, % / Crude protein, %	18,00 ± 1,25	14,57 ± 1,25	1,25
Клетчатка, % / Fiber, %	18,59 ± 0,93	18,94 ± 0,93	0,93
Зола, % / Ash, %	14,23 ± 0,51	14,20 ± 0,51	0,51
Кальций, % / Calcium, %	1,18 ± 0,04	1,16 ± 0,04	0,04
Фосфор, % / Phosphorus, %	0,90 ± 0,08	0,67 ± 0,08	0,08
Безазотистые экстрактивные вещества (БЭВ), % / Nitrogen-free extractive substances, %	47,25 ± 2,17	51,06 ± 2,17	2,17
Кормовые единицы в 1 кг сухого вещества / Feed units per 1 kg of dry matter	1,78 ± 0,09	1,67 ± 0,09	0,09
Обменная энергия, МДж/кг / Metabolizable energy, MJ/kg	14,8 ± 0,6	14,4 ± 0,6	0,6
Молочная кислота, % / Lactic acid, %	84,64 ± 3,87	76,53 ± 3,87	3,87
Уксусная кислота, % / Acetic acid, %	15,99 ± 2,94	22,34 ± 2,94	2,94
Масляная кислота / Butyric acid	не обнаружена / not detected	не обнаружена / not detected	–
Кислотность (pH) / Acidity (pH)	4,3–4,4	4,3–4,4	–

Источник: составлено авторами на основании экспериментальных данных.

Source: compiled by the authors on the basis of experimental data.

В силосах исследуемых образцов накапливается значительное количество безазотистых экстрактивных веществ (БЭВ). В образце К-53 содержание БЭВ достигло 51,06 %, при этом в 1 кг сухого вещества содержится 1,67 кормовых единиц, обменная энергия составляет 14,4 МДж/кг. В образце К-69 содержание БЭВ составляло 47,25 %, кормовых единиц – 1,78, обменной энергии – 14,8 МДж/кг.

Качество силоса, определяемое соотношением органических кислот, оказалось выше у образца К-69: содержание молочной кислоты достигло 84,64 %, что превышает показатель К-53 на 8,11 процентных пункта (76,53 %). Согласно классификации [6], силос с содержанием молочной кислоты более 75 % и отсутствием масляной кислоты относится к категории высококачественного. Концентрация уксусной кислоты составила 15,99 % (К-69) и 22,34 % (К-53). Масляная кислота не обнаружена. Кислотность среды во всех исследованных образцах находилась в диапазоне 4,3–4,4 рН.

Высокое качество силоса из амаранта, по-видимому, связано с достаточным содержанием водорастворимых углеводов, обеспечивающих активное молочнокислое брожение [7; 12]. Установлено, что высококачественный силос из коллекционных образцов амаранта (*Amaranthus caudatus* L.) К-69 и К-53 можно получить при закладке биомассы на ферментацию в период полного цветения. Это обусловлено биохимическими изменениями в растении, происходящими в фазу образования генеративных органов и направленными на накопление полезных веществ и питательных элементов [5].

Основные фенологические, биометрические и биохимические характеристики исследуемых образцов представлены в таблице 1.

Анализ полученных данных показал, что оба образца относятся к среднеспелым (вегетационный период – 125 дней) и высокорослым (270–280 см). Урожайность биомассы достоверно выше у образца К-53 (1115,8 ц/га против 1087,8 ц/га у К-69).

По содержанию сырого протеина достоверно лидирует К-69 (18,0 %), что делает его более ценным источником белка для животных. К-53 уступает по протеину (14,57 %), но превосходит по БЭВ (51,06 %) и клетчатке (18,94 %). К-69 содержит больше фосфора (0,90 % против 0,67 %), различия по кальцию минимальны (1,18 и 1,16 %). К-69 превосходит К-53 по кормовым единицам (1,78 против 1,67) и обменной энергии (14,8 против 14,4 МДж/кг).

В таблице 2 представлена органолептическая оценка амарантового силоса.

Таблица 2. Органолептические показатели качества силоса
Table 2. Organoleptic indicators of silage quality

Показатель / Parameter	К-69	Баллы / Score	К-53	Баллы / Score
Запах / Smell	приятный ароматно-фруктовый /pleasant aromatic-fruity	2	приятный ароматно-фруктовый/ pleasant aromatic-fruity	2
Цвет силос /Color of silage	зеленый/ green	1	желто-зеленый / yellow-green	1
Цвет индикатора в водной вытяжке силоса / The color of the indicator in the water extract of the silage	карминно-красный (рН = 4,2 и ниже); / carmine red (pH = 4,2 and below)	9	красно-оранжевый / red-oange	7
Качество силоса / Quality of silage	силос отличный / silage is excellent	12	силос хороший / silage is good	10

Источник: составлено авторами на основании экспериментальных данных.

Source: compiled by the authors on the basis of experimental data.

Органолептическая оценка качества силоса из образцов амаранта К-69 и К-53 представлена в таблице 2. Образец К-69 набрал максимальную сумму баллов (12), что соответствует категории «силос отличный». Приятный фруктовый аромат, зелёный цвет и карминно-красная окраска индикатора (рН 4,2) свидетельствуют о правильно протекающем молочнокислом брожении и высоком качестве готового корма [6; 10]. Образец К-53 набрал 10 баллов, что соответствует категории «силос хороший».

Качественные показатели силоса и показатели силосуемости (сахаро-протеиновое и сахаро-буферное отношение) образцов амаранта К-69 и К-53 представлены на рисунке 2. У образца К-69 доля молочной кислоты составила 84,1 % от суммы органических кислот, что на 6,7 процентных пункта выше, чем у К-53 (77,4 %).

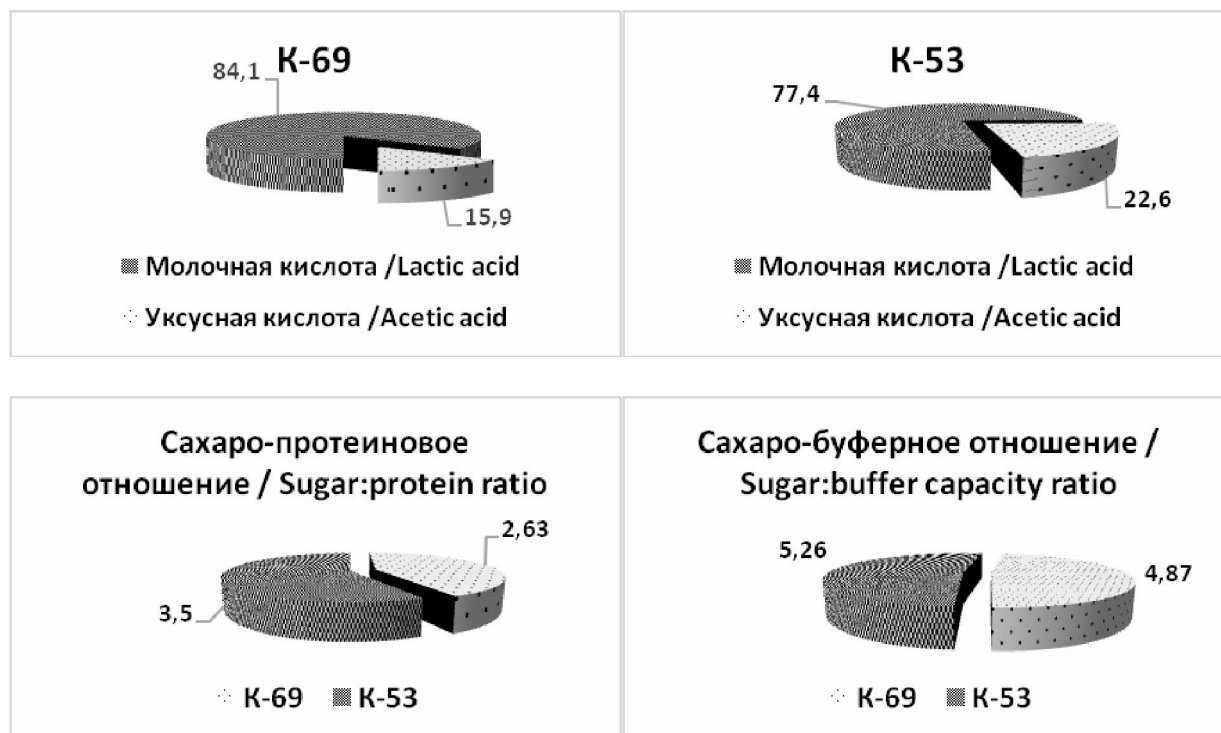


Рис. 2. Качественные показатели силоса и показатели силосуемости образцов амаранта К-69 (Австралия) и К-53 (Камерун)

Fig. 2. Qualitative indicators of silage and silage suitability indicators of amaranth samples K-69 (Australia) and K-53 (Cameroon)

Источник: составлено авторами на основании экспериментальных данных.

Source: compiled by the authors on the basis of experimental data.

Оба силоса высокого качества: масляная кислота отсутствует, pH оптимальный (4,3–4,4). К-69 показал достоверно лучшее молочнокислое брожение (84,64 % молочной кислоты против 76,53 % у К-53), что указывает на лучшую сохранность и вкусовые качества. У К-53 выше доля уксусной кислоты (22,34 %), что допустимо, но менее предпочтительно.

Сахаро-протеиновое отношение составило 2,63 у К-69 и 3,50 у К-53, сахаро-буферное отношение – 4,87 и 5,26 соответственно. Оба показателя значительно превышают критический уровень (0,7), что подтверждает высокую силосуемость исследуемых образцов и коррелирует с полученными данными по качеству силоса (высокое содержание молочной кислоты, отсутствие масляной кислоты).

Сравнительная оценка содержания сырого протеина, БЭВ и кормовых единиц в силосе исследуемых образцов представлена на рисунке 3. Образец К-69 достоверно превосходит К-53 по содержанию сырого протеина (18,00 % против 14,57 %, $НСР_{0,5} = 1,25$) и кормовых единиц (1,78 против 1,67, $НСР_{0,5} = 0,09$), однако уступает по содержанию БЭВ (47,25 % против 51,06 %, $НСР_{0,5} = 2,17$).

Таким образом, образец К-69 (Австралия) предпочтителен для производства высококачественного силоса благодаря высокому содержанию протеина, лучшей ферментации и более высокой энергетической ценности. Образец К-53 (Камерун) может быть рекомендован как высокоурожайный и энергоёмкий по углеводам, но уступает по белковому составу и качеству силоса. Оба образца перспективны для внедрения в предгорной зоне РСО-Алания, но с учётом целей кормопроизводства предпочтение следует отдать К-69.

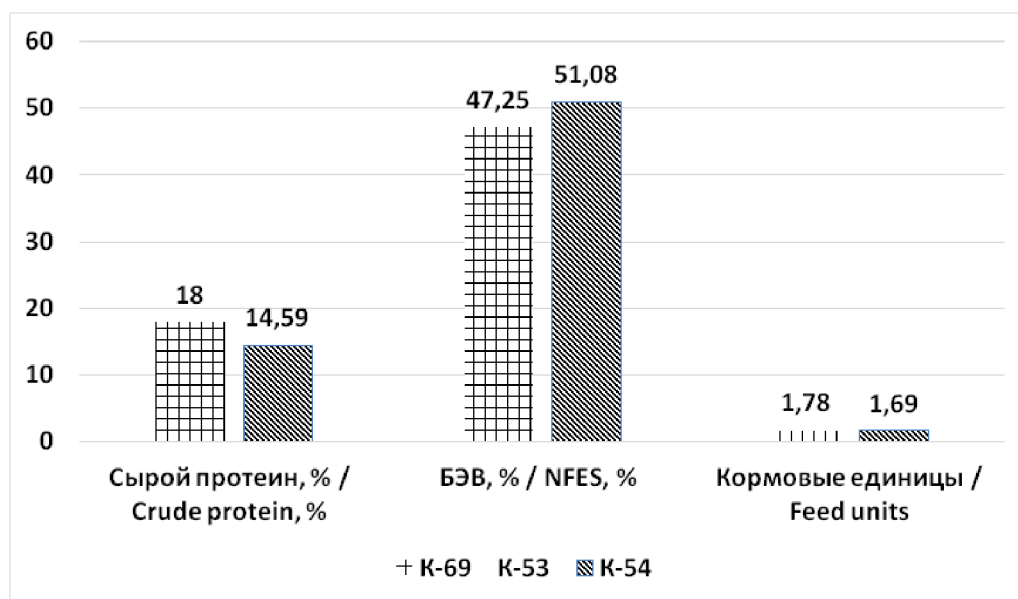


Рис. 3. Содержание сырого протеина, безазотистых экстрактивных веществ (БЭВ) и кормовых единиц в силосе из образцов амаранта К-69 и К-53

Fig. 3. Content of crude protein, nitrogen-free extractive substances (NFES) and feed units in silage from amaranth samples K-69 and K-53

Источник: составлено авторами на основании экспериментальных данных.

Source: compiled by the authors on the basis of experimental data.

Закключение

По результатам исследования показано, что образцы амаранта (*Amaranthus caudatus* L.) К-69 (Австралия) и К-53 (Камерун) в условиях предгорной зоны РСО-Алания характеризуются как сред-неспелые (вегетационный период – 125 дней) и высокорослые (270–280 см), с урожайностью био-массы 1087,8–1115,8 ц/га.

Установлено непрерывное развитие ассимилирующей поверхности на протяжении всего жизнен-ного цикла. У образца К-69 площадь листьев увеличивалась от 106,93 до 218,45 тыс. м²/га (ФП – 2928,42 млн. м²·сут./га), у образца К-53 – от 79,05 до 217,55 тыс. м²/га (ФП – 3166,12 млн. м²·сут./га). Выявлена прямая зависимость между фотосинтетическим потенциалом и урожайностью биомассы.

Содержание сухого вещества в силосах варьировало от 31,03 до 31,62 %, что оптимально для качественной ферментации. Образец К-69 отличался достоверно более высоким содержанием сы-рого протеина (18,00 %), кальция (1,18 %) и фосфора (0,90 %), а также кормовых единиц (1,78) и обменной энергии (14,8 МДж/кг).

Силосы обоих образцов характеризовались высоким качеством: масляная кислота отсутствова-ла, кислотность составляла 4,3–4,4 рН. Образец К-69 показал достоверно лучшее молочнокислое брожение (84,64 % против 76,53 % у К-53).

Полученные значения сырого протеина (14,57–18,00 %) сопоставимы с литературными данными для других регионов России, а урожайность биомассы (1087,8–1115,8 ц/га) превышает средние пока-затели, что подтверждает высокую адаптивность амаранта к почвенно-климатическим условиям предгорий РСО-Алания.

На основании полученных данных образцы амаранта (*Amaranthus caudatus* L.) К-69 и К-53 мо-гут быть рекомендованы для внедрения в агробиоценозы предгорной зоны РСО-Алания в качестве перспективных силосных культур. Приоритетным для производства высокобелкового силоса явля-ется образец К-69 (Австралия).

Таким образом, представленные в работе сорта амаранта, интродуцированные в Северной Осетии, можно использовать для силосования. Силос из австралийского сорта К-69 содержит на 3,5 % больше белка, на 7 % больше молочной кислоты (лучше сохраняется) и даёт больше энергии.

Список источников

1. Эффективность использования амаранта в кормопроизводстве Томской области / И. А. Викторова, Ю. В. Чудинова, А. В. Гааг [и др.] // Кормопроизводство, продуктивность, долголетие и благополучие животных : Материалы международной научно-практической конференции, Новосибирск, 25 октября 2018 года. – Новосибирск: Издательский центр НГАУ «Золотой колос», 2018. – С. 140-142. – EDN YNXMIP.
2. Бородыхин В. В., Дедова Э. Б., Даваев А. В. Агротехнические приемы возделывания *Amarantus paniculatus* на орошаемых землях Калмыкии // Научная жизнь. 2018. № 9. С. 67–79. EDN YWXDUL.
3. Андреева О. Т., Савельева Л. Н., Бондарчук М. Л. Амарант метельчатый (*Amaranthus paniculatus*) и перспективы его использования в АПК Забайкалья // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2025. № 11(253). С. 31–37. DOI 10.53083/1996-4277-2025-253-11-31-37. – EDN FJCJEA.
4. Исследование химического состава масла амаранта, выращиваемого в условиях Азербайджана / К. Ш. Дашдамиров, Ш. А. Амиров, Т. Ю. Аббасова [и др.] // Актуальные научные исследования в современном мире. 2020. № 11-4(67). – С. 168-171. – EDN DLGNND.
5. Магомедмирзоева Р. Г. Интродукция амаранта в Дагестане // Проблемы развития АПК региона. 2019. № 1(37). С. 85–92. EDN ZDMYDJ.
6. Магомедов И. М., Чиркова Т. В. Амарант – прошлое, настоящее и будущее // Успехи современного естествознания. 2015. № 1-7. С. 1108–1113. EDN TWQHPP.
7. Чкареули Л. В., Гагиева Л. Ч. Фенологические и фотосинтетические показатели образцов амаранта К-61 и К-62, интродуцированных в РСО-Алания // Инновационные технологии, экономика и менеджмент в промышленности : сборник научных статей VI международной научной конференции, Волгоград, 17–18 июня 2021 года. Том Часть 1. Волгоград: ООО «КОНВЕРТ», 2021. С. 22–25. EDN MZIYIL.
8. Хозяйственно-биологические показатели продуктивности разных образцов амаранта *Amaranthus hypochondriacus* L. в условиях предгорий РСО-Алания / Л. Ч. Гагиева, Л. В. Чкареули, Х. М. Хетагуров [и др.] // Известия Горского государственного аграрного университета. 2024. Т. 61, № 3. С. 70–76. DOI 10.54258/20701047_2024_61_3_70. EDN AKFDPW.
9. Гудковская Н. Б. Влияние сроков посева на динамику накопления сухого вещества у растений амаранта в левобережной лесостепи Украины // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 3. С. 72–77. EDN XPZVAY.
10. Сравнительная характеристика качественных показателей амарантового и кукурузного силоса / С. В. Павленкова, Г. П. Шуваева, Л. А. Мирошниченко [и др.] // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2017. Т. 79, № 4(74). С. 220–226. DOI 10.20914/2310-1202-2017-4-220-226. – EDN YRTUAF.
11. Щукис Е. Р. Кормовые культуры на Алтае: монография. Барнаул: ГНУ Алтайский НИИСХ Россельхозакадемии, 2013. 182 с.
12. Хахалова М. А., Дмитриева Е. Ш. Интродукция амаранта в условиях Иркутской области // Научные исследования и разработки к внедрению в АПК: материалы международной научно-практической конференции молодых ученых, Иркутск, 28–29 марта 2019 года. Иркутск: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2019. С. 46–51. EDN AAFGSS.
13. Радько Д. С., Колобов С. В. Амарант в пищевой промышленности России: история и перспективы // Сахарная свекла. 2025. № 6. С. 29–32. DOI 10.25802/SB.2025.60.51.007. – EDN FTDYUG.
14. Силосуемость амаранта по фазам вегетации / В. Н. Шилов, С. С. Хируг, А. П. Жарковский [и др.] // Кормопроизводство. 2008. № 8. С. 29–32. EDN JUXMDR.
15. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. 4-е изд., перераб. и доп.. Москва : Издательство «Колос», 1979. 416 с. EDN ZJQGMV.

References

1. [Viktorova IA, Chudinov YuV, Gaag AV, et al. Efficiency of using amaranth in forage production in Tomsk Region. In: *Forage Production, Productivity, Longevity and Welfare of Animals : Proceedings*

of the International Scientific and Practical Conference; 2018 Oct 25; Novosibirsk. Novosibirsk: Zolotoy Kolos Publ.; 2018. p. 140-2.] (In Russ.). EDN: YNXMIP.

2. Borodychev VV, Dedova EB, Davaev AV. Agrotechnological methods of cultivating *Amaranthus paniculatus* in the irrigated lands of Kalmykia. [*Scientific Life*]. 2018;(9):67-79. (In Russ.). EDN: YWXDUL.

3. Andreeva OT, Saveleva LN, Bondarchuk ML. *Amaranth paniculatus* and the prospects for its use in the agro-industrial complex of Transbaikalia. *Bulletin of Altai State Agricultural University*. 2025;11(253):31-7. (In Russ.). Available from: <https://doi.org/10.53083/1996-4277-2025-253-11-31-37>. EDN: FJCJEA.

4. Dashdamirov SH, Amirov KSh, Abbasova TY, et al. Research of the chemical composition of amaranth oil grown in the conditions of Azerbaijan. [*Current Scientific Research in the Modern World*]. 2020;11-4(67):168-71. (In Russ.). EDN: DLGNND.

5. [Magomedmirzoeva RG. Introduction of amaranth in Dagestan]. *Development problems of regional agro-industrial complex*. 2019;1(37):85-92. (In Russ.). EDN: ZDMYDJ.

6. Magomedov IM, Chirkova TV. Amaranth – past, present and future. [*Advances in current natural sciences*]. 2015;(1-7):1108-13. (In Russ.). EDN: TWQHPP.

7. Chkareuli LV, Gagieva LCh. Phenological indices of samples of amaranth K-61 and K-62 against the background photosynthetic potential introduced in RSO-Alania. [In: *Innovative Technologies, Economics and Management in Industry : Collection of Scientific Articles of the VI International Scientific Conference; 2021 Jun 17-18; Volgograd*. Vol. 1. Volgograd: CONVERT Publ.; 2021. p. 22-5]. (In Russ.). EDN: MZIYIL.

8. Gagieva LCh, Chkareuli LV, Khetagurov KhM, et al. Commercial-biological indicators of performance of different samples of amaranth *Amaranthus hypochondriacus* L. in the foothills of North Ossetia-Alania. *Proceedings of Gorsky State Agrarian University*. 2024;61(Pt3):70-6. (In Russ.). Available from: DOI 10.54258/20701047_2024_61_3_70. EDN: AKFDPW.

9. [Gudkovskaya NB. Influence of sowing dates on the dynamics of dry matter accumulation in amaranth plants in the left-bank forest-steppe of Ukraine. *Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy*]. 2018;(3):72-7. (In Russ.).

10. Pavlenkova SV, Shuvaeva GP, Miroshnichenko LA, et al. Comparative characteristics of qualitative indicators of amaranth and corn silage. *Proceedings of the Voronezh state university of engineering technologies*. 2017;79(4):220-6. (In Russ.). Available from: <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2017-4-220-226>. EDN: YRTUAF.

11. [Shchukis ER. *Fodder crops in Altai*. Barnaul: Wildebeest Altai Research Institute of the Russian Agricultural Academy; 2013]. (In Russ.).

12. Khakhalova MA, Dmitrieva ESh. Introduction of amaranth in the conditions of Irkutsk region. [In: *Scientific Research and Development for Implementation in the Agro-Industrial Complex : Proceedings of the International Scientific and Practical Conference of Young Scientists; 2019 March 28-29; Irkutsk*. Irkutsk: Irkutsk State Agrarian University; 2019. p. 46-51]. (In Russ.). EDN: AAFGSS.

13. Radko DS, Kolobov SV. Amaranth in the food industry of Russia: history and prospects. *Sugar Beet*. 2025;(6):29-32. (In Russ.). Available from: <https://doi.org/10.25802/SB.2025.60.51.007>. EDN: FTDYUG.

14. [Shilov VN, Khirug SS, Zharkovskiy AP, et al. Silage suitability of amaranth by vegetation phases. *Forage Production*. 2008;(8):29-32]. (In Russ.). EDN: JUXMDR.

15. [Dospekhov BA. Field experimentation Statistical procedures. 4th ed., rev. and expand. Moscow: Kolos Publ.; 1979]. (In Russ.). EDN: ZJQGMV.

Информация об авторах

Л. Ч. Гагиева – доктор биологических наук, профессор;

Л. В. Чкареули – соискатель учёной степени кандидата наук;

А. Х. Козырев – доктор сельскохозяйственных наук, профессор.

Конфликт интересов

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

Статья поступила в редакцию 25.07.2026; одобрена после рецензирования 28.08.2026; принята к публикации 02.09.2026.

Information about the authors

L. Ch. Gagieva – DSc (Biology), Professor;

L. V. Chkareuli – Candidate for a Candidate's Degree;

A. Kh. Kozyrev – DSc (Agriculture), Professor.

Contribution of the authors

All authors have contributed equally to this article. The authors declare that there is no conflict of interest.

The article was submitted to the editorial office on 25.07.2026; approved after review 28.08.2026; accepted for publication 02.09.2026.



Правила направления, рецензирования и опубликования научных статей

**Редакция журнала в своей деятельности руководствуется принципами научности,
объективности и беспристрастности**

Содержание статьи должно соответствовать одному из следующих отраслей науки и групп специальностей:

- 1.5.20. – Биологические ресурсы (биологические науки);
- 4.1.1. – Общее земледелие и растениеводство (сельскохозяйственные науки);
- 4.1.3. – Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений (сельскохозяйственные науки);
- 4.2.1. – Патология животных, морфология, физиология, фармакология и токсикология (ветеринарные науки);
- 4.2.4. – Частная зоотехния, кормление, технологии приготовления кормов и производства продукции животноводства (сельскохозяйственные науки).

1. Технический анализ рукописи осуществляется экспертом журнала, согласно требованиям для авторов, в недельный срок после представления рукописи в электронной форме (izvestiaggau@mail.ru) на проверку отсутствия неправомерных заимствований.

2. Каждая статья проходит двухэтапное рецензирование. На первом этапе статья проверяется по формальным признакам и в системе «Антиплагиат». Уровень оригинальности статьи должен быть не менее 70 %. Допускается использование материалов защищенных диссертационных работ, однако уровень оригинальности статьи в целом также не должен быть ниже 70 %. Если автор статьи является научным руководителем аспиранта (соискателя), данные диссертационной работы, которые он использует в статье, должны сопровождаться ссылкой на материалы статей аспиранта (соискателя). При этом уровень оригинальности статьи также должен быть не ниже 70 %. В случае если статья соответствует формальным требованиям и имеет необходимый процент оригинальности, она вместе с отчетом о проверке в системе «Антиплагиат» направляется для рецензирования профильному учёному из числа редакционной коллегии. При положительной рецензии на статью она допускается к публикации.

3. Фамилия одного автора в каждом выпуске должна фигурировать не более 2-х раз.

4. Передача на рецензирование осуществляется экспертом после технического анализа и проверки оригинальности авторского текста. Издание осуществляет рецензирование всех поступающих в редакцию материалов, соответствующих ее тематике, с целью их экспертной оценки. Рецензирование статьи производится **независимыми экспертами** журнала в течение не более 30 дней с момента получения рукописи, соответствующей требованиям журнала. Все рецензенты являются признанными специалистами по тематике рецензируемых материалов и имеют в течение последних 3 лет публикации по тематике рецензируемой статьи. Рецензии хранятся в издательстве и в редакции издания в течение 5 лет. При наличии существенных замечаний рукопись возвращается авторам с письменным перечислением замечаний, требующих устранения. В журнале используется слепое рецензирование (blind reviewing).

5. Повторное рецензирование осуществляется после представления варианта статьи, с устраненными замечаниями, в течение не более 30 дней. При трехкратном повторном возврате рукописи с замечаниями рецензента вопрос о ее принятии или отклонении решается на заседании редакционной коллегии.

6. Решение о публикации принимается в соответствии с Уставом редакции главным редактором или заместителем главного редактора на основе научных рецензий и мнения членов редколлегии.

При принятии решения о публикации главный редактор и зам. главного редактора руководствуются достоверностью представления данных и научной значимостью рассматриваемой работы.

7. В случае принятия решения о публикации в течение трех дней рукопись статьи передается профессиональному переводчику для корректуры и редактирования англоязычной части статьи.

8. Рецензии предоставляются авторам рукописей и по запросам экспертных советов в ВАК. В случае отказа в публикации статьи редакция направляет автору мотивированный отказ. Рукописи возврату не подлежат.

Требования к оформлению статей

Статья направляется авторами в редакцию журнала в электронном виде на электронный почтовый ящик izvestiaggau@mail.ru.

Статья должна иметь УДК. Количество авторов – не более пяти.

Направленная в редакцию статья должна иметь верхнее и нижнее поля – по 20 мм, левое – 30 мм, правое – 15 мм. Шрифт – Times New Roman, размер кегля 14, межстрочный интервал – полуторный. Абзац автоматический. Не набирать в формульном редакторе нижний и верхний регистр и иностранные буквы, которые идут в тексте, а только формулы. В таблицах выравнивать текст. Номер и название таблицы располагать над таблицей в одну строку.

Рисунки, схемы, фотографии представляются в формате PDF, JPEG, TIFF с разрешением не ниже 300 dpi (сканировать таблицы, схемы, рисунки не допускается).

В статье помещаются: УДК, тип и название статьи, инициалы и фамилия автора (авторов), ученая степень, звание автора (ов), email и ORCID, аннотация, ключевые слова.

Вся информация в личном профиле ORCID для авторов должна быть приведена только на английском языке, включая аффилиацию (место работы или учебы автора). Для лиц, имеющих ученую степень кандидата или доктора наук, указание на ORCID является **обязательным**.

В статье следует четко выделять следующие составные части: **1. Введение (Introduction). 2. Материалы и методы (Materials and Methods). 3. Результаты (Results). 4. Обсуждение (Discussion). 5. Заключение (Conclusions). 6. Библиографический список (References).**

Особое внимание следует уделить полноте пристатейного библиографического списка (в том числе отражающих зарубежные исследования). При этом необходимо избегать **недобросовестного цитирования** (необоснованного «накручивания» цитат, а также самоцитирования), **некорректного цитирования** (неоправданного содержанием цитируемых статей). Цитирование должно быть максимальным, но обоснованным. *Недостаточное или избыточное цитирование снижает рейтинг журнала.*

В конце работы приводятся сведения об авторе (авторах): ученая степень, ученое звание.

Авторы должны раскрывать в своей рукописи любой финансовый или какой-либо другой существенный конфликт интересов, который мог бы быть истолкован как влияющий на результаты оценки их рукописи. Все источники финансовой поддержки должны быть раскрыты.

Рекомендованный объем статьи (вместе с переводом аннотации и библиографического списка) **10-12** страниц, за исключением проблемных и обзорных статей.

Оформление библиографических ссылок

Библиографические ссылки на список литературы должны быть оформлены с указанием в строке текста в квадратных скобках цифрового порядкового номера. В случае ссылки на точную цитату – необходимо дополнительно указать через запятую номера соответствующих страниц, например [7, с. 36].

Список источников нумеруется в порядке упоминания в тексте, он должен быть оформлен согласно ГОСТ Р 7.0.5–2008 «Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления» с указанием обязательных сведений библиографического описания.

Подробная инструкция по оформлению статей в журнале с примером оформления размещена на официальной странице журнала в сети Интернет по адресу: <http://www.gorskigau.ru/wp-content/uploads/2023/08/poyasneniya-k-strukture-rukopisi.pdf>

Rules for sending, reviewing and publishing scientific articles

The editorial board of the journal is guided by the principles of scientificity, objectivity, and impartiality in its activities

The content of the article should correspond to one of the following branches of science and groups of specialties:

- 1.5.20. – Biological resources (Biological Sciences);
- 4.1.1. – General agriculture and crop production (Agricultural Sciences);
- 4.1.3. – Agrochemistry, agrosoil science, plant protection and quarantine (Agricultural Sciences);
- 4.2.1. – Animal pathology, morphology, physiology, pharmacology and toxicology (Veterinary Sciences);
- 4.2.4. – Private animal husbandry, feeding, feed preparation and livestock production technologies (Agricultural Sciences).

1. Technical screening of the manuscript is carried out by an expert of the journal, in accordance with the requirements for the authors, within a week after the submission of the manuscript in electronic form (izvestiaggau@mail.ru) in order that it may be checked for plagiarism.

2. Each article undergoes a two-stage review. Firstly, the article is checked for formal signs of plagiarism in the «Anti-plagiarism» system. The threshold of originality of the article should be at least 70 %. Usage of materials from previously defended dissertations is allowed, but the threshold of originality of the article on the whole should also meet the threshold of 70 %. If the author of the article is the supervisor of a postgraduate student, the data of the dissertation work that he uses in the article should be accompanied by a link to the materials of the articles of the postgraduate student. Similarly, the threshold of originality of the article should also be at least 70 %. If the article is able to satisfy the formal requirements and has the threshold of originality, it is sent, together with the verification report with respect to the Anti-Plagiarism system, for review to an expert in the relevant field on the editorial board. Once the article has been given a positive review, it is allowed for publication.

3. The name of one author in each issue should appear no more than 2 times.

4. Submission for review is made by an expert after the technical screening and verification of the originality of the author's text. The publication reviews all materials received by the editorial office that correspond to its subject for the purpose of being evaluated by experts. Review of the article is conducted **by independent experts of** the journal within a period of 30 days from the date of receipt of the manuscript that fulfills the criteria of the journal. All reviewers are recognized experts on the subject of peer-reviewed materials and have had publications on the subject of the reviewed article for the last 3 years. Reviews are stored in the publishing house and in the editorial office of the publication for 5 years. If there are any shortcomings to be found, the manuscript is returned to the authors with a written list of them in order that they may be rectified. The journal uses a blind peer review process as per its guidelines.

5. Re-review is written after the submission of a version of the article, provided all the comments have been addressed, within no more than 30 days. In case of three consecutive returns of the manuscript with the reviewer's comments, the question of its acceptance or rejection is decided at a meeting of the editorial board.

6. The decision to publish shall be made in accordance with the Charter of the editorial board by the editor-in-chief or deputy editor-in-chief on the basis of scientific reviews and the opinions of the members of the editorial board. When deciding on publication, the editor-in-chief and the deputy editor-in-chief are guided by the reliability of the presentation of data and the scientific significance of the work in question.

7. In case of a decision to publish within three days, the manuscript of the article is transferred to a professional translator for proofreading and editing of the English-language part of the article.

8. Reviews are provided to the authors of manuscripts and at the request of expert councils in the Higher Attestation Commission. If there are strong grounds for the article not to be published, the editorial board sends the author a rejection with a detailed and substantiated reason for it. Manuscripts are non-transferrable.

Requirements for the design of articles

The article is sent by the authors to the editorial office of the journal in electronic form to the e-mail address izvestiaggau@mail.ru.

The article must have UDC. The number of authors is no more than five.

The article sent to the editors should have the upper and lower margins - 20 mm each, the left - 30 mm, the right - 15 mm. Font – Times New Roman, the size of the pin is 14, the line spacing is one and a half. The paragraph is automatic. Do not type in the formula editor lower and uppercase and foreign letters that go in the text but only formulas. Align text in tables. The number and name of the table are placed above the table in one row.

Drawings, diagrams, photographs are presented in PDF, JPEG, TIFF format with a resolution not lower than 300 dpi (it is not allowed to scan tables, diagrams, drawings).

The article contains: UDC, type and title of the article, initials and surname of the author(s), academic degree, title of author(s), email and ORCID, abstract, and keywords.

For individuals holding a Candidate of Sciences or Doctor of Sciences degree, specifying an ORCID is mandatory. All information in an author's personal ORCID profile, including the affiliation (place of work or study), must be provided exclusively in English.

The article should clearly distinguish the following components: **1 Introduction, 2 Materials and Methods, 3 Results, 4 Discussion, 5 Conclusions, 6 References.**

Particular attention should be paid to the completeness of the article bibliographic list (including those reflecting foreign studies). In the same way, it is mandatory to avoid ***flawed citation practices, i.e. unduly made citations in order to inflate an individual's citation count and citations with unfounded authority, i.e. unvalidated by the content of the cited articles.*** Citations should be included fully but must be substantiated. *Insufficient or excessive citation reduces the rating of the journal.*

At the end of the work, information about the author(s) is given, i.e. academic degree and academic title.

Authors should disclose any financial or any other significant conflict of interest in the manuscript that could be construed as affecting the results of the evaluation of their manuscript. All sources of financial support should be disclosed.

The recommended volume of the article (together with the translation of the abstract and bibliographic list) is **10-12** pages, with the exception of problem and review articles.

Formatting of bibliographic references

Bibliographic references should be formatted with the indication of the numerical serial number in the line of the text in square brackets. In the case of a reference to an exact quotation, it is necessary to additionally specify the relevant page numbers separated by commas, e.g. [7, p. 36].

The list of sources is numbered in the order of reference in the text, and it must be issued in accordance with GOST R 7.0.5.-2008 «Bibliographic reference. General requirements and rules for formatting» with the indication of the mandatory information of the bibliographic description.

Detailed instructions for the design of articles in the journal with an example of design are posted on the official page of the journal on the Internet at: <http://www.gorskigau.ru/wp-content/uploads/2023/08/poyasneniya-k-strukture-rukopisi.pdf>

Требования к аннотации (реферату)

1. Объём реферата должен составлять 1000-2000 знаков (200-250 слов).
2. Название статьи в начале реферата не повторяется.
3. Реферат не разбивается на абзацы и излагается одним сплошным текстом.
4. Структура реферата должна кратко отражать структуру статьи и в обязательном порядке содержать: вводную часть; место проведения исследований; результаты исследования.
 - 4.1. Вводная часть по объёму должна быть **минимальна**.
 - 4.2. Место проведения исследований уточняется до области, края.
 - 4.3. Изложение результатов должно содержать **конкретные сведения** (выводы, рекомендации и т.д.)
5. В пределах реферата допускается введение сокращений, когда понятие из 2-3 слов заменяется аббревиатурой из соответствующего количества букв. Первый раз словосочетание приводится полностью, а аббревиатура указывается рядом в скобках.

Числительные, если не являются первым словом, передаются цифрами.

Использование аббревиатуры и сложных элементов форматирования (например, верхних и нижних индексов) не допускается.

Категорически не допускаются вставки через меню «Символ», знак разрыва строки, знак мягкого переноса, автоматический перенос слов.
6. При переводе реферата на английский язык не допускается использование машинного перевода. Все русские аббревиатуры приводятся в расшифрованном виде, если у них нет устойчивых аналогов на английском языке (например: ВТО-WTO; ФАО-FAO и т.д.).

Requirements for abstracts

1. The body of the abstract should be 1000-2000 characters (about 200-250 words).
2. The article title is not repeated at the beginning of the abstract.
3. The abstract is not broken into paragraphs and outlines with one straight text.
4. The structure of the abstract should briefly reflect the structure of the article and is mandatory to include: introduction; the place and results of research.
 - 4.1. The introduction should be minimal.
 - 4.2. The place for research is specified to the area and the region.
 - 4.3. The results outline should contain specific information (findings, recommendations, etc.)
5. Within the abstract abbreviations are available permits when the concept of 2-3 words is replaced by the abbreviation of the appropriate number of letters. The first time the phrase is given completely but the abbreviation is indicated nearby in brackets.

Numerals, if are not the first word, are written with figures.

Using abbreviations and complex formatting elements (such as superscript and subscript) is not allowed. It is strongly not allowed using the insert menu "Symbol", line break, soft hyphen, the automatic hyphenation.
6. When the translating the abstract into English do not use machine translation.

All Russian abbreviations are decoded, if they have no stable analogues in English (for example: ВТО-WTO; ФАО-FAO, etc.).



Лицензия: ЛР. № 020574 от 6 мая 1998 г.

Подписано в печать 15.09.2026 г. Дата выхода в свет 25.09.2026 г.
Печать трафаретная. Гарн. шрифта Times New Cyr. Бумага писчая. Формат А4.
Усл.печ.л. 20,5. Тираж 500. Заказ 12.

362040, Владикавказ, ул. Кирова, 37.
Типография ФГБОУ ВО «Горский госагроуниверситет»