

ИЗВЕСТИЯ

ТИМИРЯЗЕВСКОЙ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ
АКАДЕМИИ

Научно–теоретический журнал
Российского государственного аграрного университета —
МСХА имени К.А. Тимирязева

Сообщаются результаты экспериментальных, теоретических и методических исследований в различных областях сельскохозяйственной науки и практики, выполненных в разных природно–экономических зонах страны

Основан в 1878 году
6 номеров в год

Выпуск

6

ноябрь–декабрь

Москва
Издательство РГАУ-МСХА
2024

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР: д.с.-х.н., д.э.н., академик РАН, проф. **В.И. Трухачев**

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

д.с.-х.н., профессор **С.Л. Белопухов**; доктор наук, PhD, профессор **Р. Валентини** (Италия);
д.б.н., профессор **И.И. Васенев**; д.э.н., профессор **Р.С. Гайсин**;
д.э.н., профессор **А.В. Голубев**; д.с.-х.н., профессор **С.А. Грикшас**;
д.с.-х.н., профессор **Ж. Данаилов** (Болгария); д.б.н., профессор **Ф.С. Джалилов**;
профессор **Д.А. Джукич** (Сербия); д.с.-х.н., профессор, академик РАН **Н.Н. Дубенок**;
д.в.н., профессор **Г.П. Дюльгер**; д.б.н., профессор **А.А. Иванов**;
д.б.н., профессор, академик РАН **В.И. Кирюшин**; д.б.н., профессор **В.Н. Корзун** (Германия);
д.в.н., профессор **Р.Г. Кузьмич** (Беларусь); д.б.н., профессор **Я.В. Кузяков** (Германия);
д.с.-х.н., профессор **Н.Н. Лазарев**; д.с.-х.н., профессор **В.И. Леунов**;
д.с.-х.н., профессор, академик РАН **В.М. Лукомец**; д.б.н., профессор **А.Г. Маннапов**;
д.б.н., профессор, академик НАНУ и НААНУ **Д.А. Мельничук** (Украина);
к.э.н., PhD MSU, **Р.А. Мигунов**; к.с.-х.н. **Г.Ф. Монахос**; д.с.-х.н., профессор **С.Г. Монахос**;
д.б.н., профессор **В.Д. Наумов**; д.т.н., профессор, академик РАН **В.А. Панфилов**;
д.б.н., профессор **С.Я. Попов**; д.х.н., профессор **Н.М. Пржевальский**;
д.с.-х.н., профессор **А.К. Раджабов**; д.с.-х.н., профессор **Г.В. Родионов**;
д.б.н., профессор **В.С. Рубец**; д.э.н., профессор, чл.-корр. РАН **Н.М. Светлов**;
д.б.н., профессор **М.И. Селионова**; к.б.н., доцент **О.В. Селицкая**;
д.б.н., профессор **А.А. Соловьев**; д.б.н., профессор **И.Г. Тараканов**;
д.б.н., профессор **С.П. Торшин**; д.в.н., профессор **С.В. Федотов**;
д.б.н., профессор **Л.И. Хрусталева**; д.с.-х.н., профессор **В.А. Черников**;
д.э.н., профессор **С.А. Шелковников**; д.т.н., профессор **И.Н. Шило** (Беларусь);
д.с.-х.н., профессор **А.В. Шитикова**; д.с.-х.н., профессор **А.С. Шуварилов**;
д.с.-х.н., профессор, академик РАН **Ю.А. Юлдашбаев**

Редакция

Научный редактор – **С.С. Макаров**

Редактор – **В.И. Марковская**

Перевод на английский язык – **Н.А. Сергеева**

Компьютерная верстка – **А.С. Лаврова**

Журнал входит в перечень

ведущих рецензируемых научных журналов и изданий ВАК

Журнал включен в базы данных BIOSIS (WoS), RSCI (WoS),

CA(pt), CrossRef, AGRIS, РИНЦ, ядро РИНЦ

Правила оформления научных статей для опубликования в журнале «Известия ТСХА» размещены в Интернете (https://izvestia.timacad.ru/jour/manager/files/1603286771_treb_stat.pdf)

Плата с аспирантов за публикацию статей не взимается

© ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2024

© Издательство РГАУ-МСХА, 2024

IZVESTIYA

of

Timiryazev Agricultural Academy

Academic Journal
of Russian Timiryazev State Agrarian University

The journal publishes the results of experimental,
theoretical and procedural research in different areas
of agricultural science and practice carried out
in various natural and economic zones of the country

Founded in 1878
Six issues per year

Issue

6

November–December

Moscow
Publishing house of Russian Timiryazev State Agrarian University
2024

EDITOR-IN-CHIEF: Prof. **Vladimir I. Trukhachev**,
DSc (Ag), DSc (Econ), Full Member of RAS

EDITORIAL BOARD

Prof. **Sergey L. Belopukhov**, DSc (Ag); Prof. **Riccardo Valentini**, DSc, PhD (Italy);
Prof. **Ivan I. Vasenev**, DSc (Bio); Prof. **Rafkat S. Gaysin**, DSc (Econ);
Prof. **Aleksei V. Golubev**, DSc (Econ); Prof. **Styapas A. Grikshas**, DSc (Ag);
Prof. **Zhivko Danailov**, DSc (Ag) (Bulgaria); Prof. **Fevzi S. Dzhailov**, DSc (Bio);
Prof. **Dragutin A. Djukic** (Serbia); Prof. **Nikolai N. Dubenok**, DSc (Ag), Full Member of RAS;
Prof. **Georgy P. Dulger**, DSc (Vet); Prof. **Aleksei A. Ivanov**, DSc (Bio);
Prof. **Valerii I. Kiryushin**, DSc (Bio), Full Member of RAS; Prof. **Victor N. Korzun**, DSc (Bio) (Germany);
Prof. **Rostislav G. Kuzmich**, DSc (Vet) (Belarus); Prof. **Yakov V. Kuzyakov**, DSc (Bio) (Germany);
Prof. **Nikolay N. Lazarev**, DSc (Ag); Prof. **Vladimir I. Leunov**, DSc (Ag);
Prof. **Vyacheslav M. Lukomets**, DSc (Ag), Full Member of RAS; Prof. **Alfir G. Mannapov**, DSc (Bio);
Prof. **Dmitrii A. Melnichuk**, DSc (Bio), Member of NASU and NAASU (Ukraine);
Prof. **Rishat A. Migunov**, CSc (Econ), PhD MSU; Prof. **Grigory F. Monakhos**, CSc (Ag);
Prof. **Sokrat G. Monakhos**, DSc (Ag); Prof. **Vladimir D. Naumov**, DSc (Bio);
Prof. **Victor A. Panfilov**, DSc (Eng), Full Member of RAS; Prof. **Sergei Ya. Popov**, DSc (Bio);
Prof. **Nikolai M. Przhevalskiy**, DSc (Chem); Prof. **Agamagomed K. Radzhabov**, DSc (Ag);
Prof. **Gennady V. Rodionov**, DSc (Ag); Prof. **Valentina S. Rubets**, DSc (Bio);
Prof. **Nikolai M. Svetlov**, DSc (Econ), Corresponding Member of RAS;
Prof. **Marina I. Selionova**, DSc (Bio); Assoc. Prof. **Olga V. Selitskaya**, CSc (Bio);
Prof. **Alexander A. Soloviev**, DSc (Bio); Prof. **Ivan G. Tarakanov**, DSc (Bio);
Prof. **Sergei P. Torshin**, DSc (Bio); Prof. **Sergei V. Fedotov**, DSc (Vet);
Prof. **Ludmila I. Khrustaleva**, DSc (Bio); Prof. **Vladimir A. Chernikov**, DSc (Ag);
Prof. **Sergey A. Shelkovnikov**, DSc (Econ); Prof. **Ivan N. Shilo**, DSc (Eng) (Belarus);
Prof. **Aleksandra V. Shitikova**, DSc (Ag); Prof. **Anatolii S. Shuvarikov**, DSc (Ag);
Prof. **Yusupzhan A. Yuldashbayev**, DSc (Ag), Full Member of RAS

EDITORIAL STAFF

Scientific editor – **Sergey S. Makarov**

Editor – **Vera I. Markovskaya**

Translation into English – **Natalya A. Sergeeva**

Computer design and making-up – **Anneta S. Lavrova**

The journal is listed in the VAK (Higher Attestation Commission) register
of the top peer reviewed journals and editions

The journal is also included in BIOSIS (WoS), RSCI (WoS), CA(pt), CrossRef, AGRIS,
Russian Index of Science Citation, Core Collection of Russian Index of Science Citation

Article submission guidelines of the journal “Izvestiya of TAA” are available
at https://izvestiia.timacad.ru/jour/manager/files/1603286771_treb_stat.pdf

Articles submitted by postgraduates are exempt from the processing charge

© Federal State Budget Establishment of Higher Education –
Russian Timiryazev State Agrarian University, 2024
© Publishing House of Russian Timiryazev Agrarian University, 2024

К 70-ЛЕТИЮ ПРОФЕССОРА ОЛЕГА АЛЕКСЕЕВИЧА КОРОВКИНА

Ю.С. ЧЕРЯТОВА

(Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева)

В статье рассматривается научная и педагогическая деятельность выдающегося отечественного ботаника, популяризатора науки, доктора биологических наук, профессора Олега Алексеевича Коровкина – одного из основоположников морфологической школы Тимирязевской академии. Приведена краткая биография ученого, отражен его вклад в отечественную и мировую науку. Научные интересы О.А. Коровкина на протяжении многих лет были связаны с изучением морфогенеза вегетативных органов цветковых растений, в том числе с онтогенезом столонообразующих травянистых поликарпиков. На основании проведенных исследований профессором О.А. Коровкиным был сделан вывод о том, что структурной единицей побеговой системы столонообразующих растений является высокоспециализированный побег вегетативного размножения. Исходя из биологических особенностей особей, образующих клон, у столонообразующих травянистых поликарпиков О.А. Коровкиным впервые выделено 3 типа клонов, понимание строения которых помогает сегодня исследователям более детально подойти к изучению онтогенеза хозяйственно-ценных столонообразующих геофитов и гемикриптофитов. Многочисленные научные труды профессора О.А. Коровкина позволяют не только ближе подойти к пониманию большого и малого жизненных циклов растений, но и вскрыть причины вырождения травянистых столонообразующих поликарпиков.

Ключевые слова: биография, научная деятельность, педагогическая деятельность, ботаника, биоморфология, столонообразующие растения.

Введение

3 октября 2024 г. исполнилось 70 лет Олегу Алексеевичу Коровкину, известному российскому ученому-ботанику, доктору биологических наук, профессору, автору более 100 публикаций: учебников, учебных и учебно-методических пособий, научных монографий и статей, научно-популярных книг (в том числе книг для школьников) [10, 11, 15–17, 19, 20]. Трудовая, научная и педагогическая деятельность Олега Алексеевича на протяжении почти 40 лет была неразрывно связана с Тимирязевской академией, поэтому публикация данной юбилейной статьи является актуальной и своевременной.

Еще в школьные годы Олег Коровкин увлекался изучением растений, вел наблюдения за их ростом и развитием, стараясь детально разобраться во всем многообразии цветковых растений, внимательно изучал ботаническую литературу. Все это, несомненно, помогло ему впоследствии не только определиться с поступлением в Тимирязевскую академию, но и стать одним из самых эрудированных ботаников современности.

Среди учителей, оказавших огромное влияние на формирование О.А. Коровкина как ученого, следует назвать профессора кафедры ботаники Тимирязевской академии, доктора биологических наук Ирину Петровну Игнатеву. Именно она смогла еще более

разжечь интерес Олега Алексеевича к ботанике, сформировать его научное мировоззрение. В течение долгих лет Олег Алексеевич и Ирина Петровна плодотворно проводили совместные научные исследования и занимались написанием научных трудов.

Цель исследований: описание научной и педагогической деятельности выдающегося отечественного ботаника, популяризатора науки, доктора биологических наук, профессора Олега Алексеевича Коровкина – одного из основоположников морфологической школы Тимирязевской академии.

Материал и методы исследований

Исследования были проведены в Центральной научной библиотеке имени Н.И. Железнова Российского аграрного университета – МСХА имени К.А. Тимирязева в 2024 г. Были детально изучены научные труды профессора Коровкина О.А. Проанализированы архивные материалы кафедры ботаники, селекции и семеноводства садовых растений, что позволило уточнить вклад О.А. Коровкина в отечественную науку.

Результаты и их обсуждение

Олег Алексеевич Коровкин в 1979 г. окончил Московскую сельскохозяйственную академию имени К.А. Тимирязева, а затем поступил в очную аспирантуру на кафедру ботаники. Научным руководителем молодого ученого стала Ирина Петровна Игнатьева, которая еще в студенческие годы смогла разглядеть высокий научный потенциал О.А. Коровкина. В 1983 г. О.А. Коровкин досрочно успешно защитил кандидатскую диссертацию по теме «Морфогенез вегетативных органов травянистых поликарпиков с клубнями побегового происхождения (*Solanum tuberosum* L. и *Helianthus tuberosus* L.)». После защиты кандидатской диссертации Олег Алексеевич работал младшим, а затем старшим научным сотрудником ботанического сада имени С.И. Ростовцева Московской сельскохозяйственной академии имени К.А. Тимирязева. В 1990 г. ученый стал преподавателем кафедры ботаники Тимирязевской академии. На кафедре ботаники О.А. Коровкин довольно плотно занялся разработкой фундаментальных проблем морфогенеза столонообразующих растений. В 1999 г.

О.А. Коровкин блестяще защитил докторскую диссертацию по теме «О закономерностях онтогенеза клона на примере столонообразующих травянистых поликарпиков» [3]. Ученое звание профессора Олегу Алексеевичу было присвоено в 2002 г.

Профессор О.А. Коровкин является человеком исключительной одаренности, огромного личного обаяния. Его научные труды и активная деятельность внесли существенный вклад в развитие современной ботаники, в том числе одной из ее перспективных направлений – биоморфологии. О.А. Коровкин – крупный ученый, впервые заложивший теоретические основы биоморфологии столонообразующих поликарпиков.

Научные интересы О.А. Коровкина на протяжении всей его жизни были неразрывно связаны с изучением морфогенеза вегетативных органов цветковых растений, а также с онтогенезом клонов растений, и в первую очередь – клонов столонообразующих травянистых поликарпиков [1, 2, 5,



Профессор
Олег Алексеевич Коровкин

9, 12]. В результате многолетнего сравнительного изучения 25 видов столонообразующих растений с различными специализированными органами вегетативного размножения: клубнями, луковичками, клубнелуковичками и прикорневыми розетками – профессором О.А. Коровкиным был сделан вывод о том, что структурной единицей побеговой системы столонообразующих растений является высокоспециализированный побег вегетативного размножения [3, 4, 13, 14, 18]. Величайшим открытием ученого явилось то, что ему удалось выделить 3 типа клонов столонообразующих травянистых поликарпиков, понимание строения которых помогает сегодня исследователям более детально подойти к изучению онтогенеза хозяйственно-ценных столонообразующих геофитов и гемикриптофитов. Необходимо особо подчеркнуть, что подобные сведения представляют собой большую ценность в вопросах эволюционной биологии [21–24].

В своих многочисленных научных работах О.А. Коровкин преследовал основную цель – вскрыть причины вырождения травянистых столонообразующих поликарпиков, которое приносит колоссальный урон отечественному сельскому хозяйству. В течение многих лет ученый упорно искал пути решения этой актуальнейшей проблемы современности. Безусловно, не все из задуманного ему удалось на сегодня выполнить. Однако многолетние исследования морфогенеза столонообразующих растений позволили О.А. Коровкину вскрыть и систематизировать закономерности, согласно которым происходит клональная репродукция в ходе большого и малого жизненного цикла цветковых растений. Олег Алексеевич понимал, что успешное решение проблем, стоявших перед сельским хозяйством, существенно зависело от выбора методов и объектов исследования. Поэтому поиск новых методов и подходов к вопросам биоморфологии растений во все годы всегда были в центре внимания ученого.

Инновационные подходы О.А. Коровкина к пониманию закономерностей онтогенеза цветковых столонообразующих растений оригинальны; его изыскания в вопросах биоморфологии отличаются строгой детализацией, методологическим подходом и точностью трактовки процессов в жизненном цикле растений. Без особого преувеличения можно с уверенностью сказать, что область биоморфологии столонообразующих растений была разработана именно О.А. Коровкиным. Более того, следует особо подчеркнуть, что полученные выводы из научных работ О.А. Коровкина формируют совершенно новые методы оценки биоморфологии вегетативно-подвижных растений. Фундаментальные научные знания, упорство и колоссальное трудолюбие позволили О.А. Коровкину вывести научную морфологическую школу Тимирязевской академии, заложенную профессором И.П. Игнатьевой, на более высокий качественный уровень.

Олег Алексеевич – талантливый и крайне оригинальный в своем творчестве ученый-ботаник. Каждая его работа является неожиданным научным открытием. Доказательства своих положений в разработке теории биоморфологии столонообразующих растений О.А. Коровкин всегда обосновывает на такой массе объективных фактов, биометрических измерений и наблюдений, разрабатывает все детали до такой степени тщательно и добросовестно, что его выводы никогда не встречаются возражений в научной ботанической среде. Смелость мышления и научный энтузиазм удачно сочетаются у ученого с огромным трудолюбием и точностью проведения экспериментов. Олег Алексеевич обладает уникальной и удивительной способностью отличать «существенное от несущественного», качеством, свойственным только очень крупным ученым. Эта способность позволяет ему, проводя полевые эксперименты с растениями, тонко улавливать проявление великих законов природы.

Следует также сказать и о педагогическом таланте профессора О.А. Коровкина. Его лекции никого никогда не оставляли равнодушными. Каждая лекция Олега Алексеевича всегда была настолько уникальной, сколь и неповторимой. Уверенно можно сказать, что если бы его лекции и выступления удалось записать, то эти

материалы можно было бы без препятствий опубликовать как научную работу без каких-либо существенных поправок, лишь расставив знаки препинания, – так точны и продуманы были все выражения, так строга его логика изложения.

Одной из главных педагогических заслуг Олега Алексеевича Коровкина явилось то, что он создал на кафедре ботаники Тимирязевской академии авторский курс ботаники, кардинально изменив традиционные тематические планы. Начало курса ботаники (осенний семестр) профессор О.А. Коровкин логично начинал с раздела морфологии растений – время, когда можно было собрать для демонстрационных целей достаточно много растительного материала. После прохождения морфологии студенты подходили к изучению цитологии, гистологии и анатомии растений. Весенний семестр был полностью посвящен систематике растений. Необходимо отметить, что параллельно с преподаванием ботаники О.А. Коровкин постоянно проводил напряженную научно-исследовательскую работу: руководил студентами и аспирантами, организовывал научные кружки и заседания на кафедре ботаники Тимирязевской академии.

Профессор О.А. Коровкин также занимался популяризацией науки, привлекая все новых и новых участников в работу ботанического кружка кафедры. Олег Алексеевич и сегодня проводит активную работу по пропаганде биологических знаний среди подрастающего поколения. В журналах «Юный натуралист» и «Свирель» регулярно публикуются его научно-популярные статьи, освещающие наиболее интересные стороны жизни растений. Книги профессора О.А. Коровкина «Загадочные растения» и «Атлас цветов», предназначенные для старшеклассников, претерпели несколько переизданий, не потеряв своей актуальности и в настоящее время [6, 7].

Выводы

Огромная научная деятельность профессора Коровкина Олега Алексеевича не только отражает ясное понимание векторов развития ботаники, биоморфологии, но и соответствует требованиям времени, являясь также закономерным продолжением потребности практики сельскохозяйственного производства – производства продукции садоводства и растениеводства. Пристальное рассмотрение научной деятельности Олега Алексеевича приводит к убеждению в том, что кульминационный этап научного творчества им еще не достигнут, и становится очевидно, что в ближайшие годы он явит научному миру свои новые исследования, а возможно, и научные открытия. Яркая научная жизнь Олега Алексеевича Коровкина, одного из основоположников современной биоморфологии, будет служить примером для новых и новых поколений ученых-ботаников.

Олег Алексеевич Коровкин является образцом современного ученого: он прекрасно разбирается не только в различных областях биологии, но и в искусстве, литературе. Коллеги по работе и студенты знают Олега Алексеевича как активного организатора и руководителя научных исследований, ценят его профессиональную целеустремленность, ответственность и принципиальность, неиссякаемую энергию и творческий энтузиазм, чуткость и внимание по отношению к людям. Его жизнь и научная деятельность являют собой пример достойного служения Отечеству. В заключение пожелаем Олегу Алексеевичу Коровкину крепкого здоровья, воплощения всех научных замыслов, творческого долголетия и молодости души!

Библиографический список

1. Коровкин О.А. Морфогенез вегетативных органов *Solanum tuberosum* L. при выращивании растений из клубней // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 1984. – № 4. – С. 27–34.

2. Коровкин О.А. Морфогенез вегетативных органов *Helianthus tuberosus* L. при выращивании растений из семян // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 1985. – № 4. – С. 60–65.
3. Коровкин О.А. О закономерностях онтогенеза клона на примере столонообразующих травянистых поликарпиков: Дис. ... д-ра биол. наук. – Москва, 1999. – 423 с.
4. Коровкин О.А. Структура побеговой системы клонов столонообразующих геофитов // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2001. – № 3. – С. 47–64.
5. Коровкин О.А. О структуре побеговой системы клонов столонообразующих гемикриптофитов // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2002. – № 4. – С. 51–65.
6. Коровкин О.А. Загадочные растения. – Москва: РОСМЭН, 2004. – 367 с.
7. Коровкин О.А. Атлас цветов. – Москва: РОСМЭН, 2005. – 71 с.
8. Коровкин О.А. Закономерности онтогенеза клонов столонообразующих растений: Монография. – Москва: Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева, 2005. – 354 с.
9. Коровкин О.А., Черятова Ю.С. Морфогенез вегетативных органов *Oenothera fruticosa* L. // Доклады ТСХА. – Москва: Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева, 2005. – Вып. 277. – С. 368–371.
10. Коровкин О.А. Анатомия и морфология высших растений: Словарь терминов. – Москва: Дрофа, 2007. – 268 с.
11. Коровкин О.А. Тайны растительного мира: от гигантов и карликов до эскулапов и отравителей. – Москва: АСТ-Пресс Книга, 2010. – 320 с.
12. Коровкин О.А. Биоморфологические особенности вегетативно-подвижных растений // Известия ТСХА. – 2013. – № 6. – С. 57–67.
13. Коровкин О.А. О типах и структуре клонов у некоторых столонообразующих луковичных геофитов // Известия ТСХА. – 2013. – № 2. – С. 42–49.
14. Коровкин О.А. О структурно-функциональной специфике столона // Известия ТСХА. – 2013. – № 3. – С. 47–52.
15. Коровкин О.А. Основные термины и понятия морфологии и анатомии высших растений: Словарь. – Москва: Изд-во РГАУ-МСХА, 2015. – 166 с.
16. Коровкин О.А., Захарин М.Г. Номенклатура хозяйственно значимых растений. – Москва: Росинформагротех, 2017. – 52 с.
17. Коровкин О.А. Плоды хозяйственно значимых растений: Учебное пособие. – 5-е изд. – Москва: Росинформагротех, 2018. – 200 с.
18. Коровкин О.А. Об особом типе клонов высших растений // Доклады ТСХА. – 2019. – Вып. 291. – Ч. 2. – С. 520–525.
19. Коровкин О.А. Ботаника: Учебник. – 2-е изд., испр. – М.: Изд-во «КноРус», 2023. – 436 с.
20. Коровкин О.А., Черятова Ю.С. Ботаника: Учебник. – М.: Изд-во «КноРус», 2024. – 464 с.
21. Agashe D., Falk J.J., Bolnick D.I. Effects of founding genetic variation on adaptation to a novel resource // Evolution. – 2011. – Vol. 65. – Pp. 2481–2491.
22. Bell G. Evolutionary rescue // Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics. – 2017. – Vol. 48. – Pp. 605–627.
23. Fukui S., Araki K.S. Spatial niche facilitates clonal reproduction in seed plants under temporal disturbance // PLoS One. – 2014. – Vol. 9 (12). – P. e116111. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0116111>
24. Peniston J.H., Barfield M., Holt R.D. Environmental fluctuations dampen the effects of clonal reproduction on evolutionary rescue // Journal of Evolutionary Biology. – 2021. – Vol. 34 (4). – Pp. 710–722. <https://doi.org/10.1111/jeb.13778>.

TO THE 70TH ANNIVERSARY OF PROFESSOR OLEG A. KOROVKIN

YU.S. CHERYATOVA

(Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy)

The article is dedicated to the scientific and pedagogical activity of the outstanding Russian botanist, popularizer of science, Doctor of Biological Sciences, Professor Oleg A. Korovkin, one of the founders of the Morphological School of the Timiryazev Academy. A brief biography of the scientist is given, his contribution to Russian and world science is reflected. For many years, the scientific interests of O.A. Korovkin have been related to the study of the morphogenesis of vegetative organs of flowering plants, including the ontogenesis of stoloniferous herbaceous polycarpic plants. Based on the studies, Professor Korovkin O.A. concluded that the structural unit of the shoot system of stoloniferous plants is a highly specialized shoot of vegetative reproduction. Based on the biological features of clone-forming individuals, Korovkin O.A. was the first to distinguish three types of clones in stoloniferous herbaceous polycarpic plants, the understanding of the structure of which helps modern researchers to study the ontogenesis of economically valuable stoloniforming geophytes and hemicryptophytes in more detail. Numerous scientific works of Professor Korovkin O.A. allow not only to get closer to the understanding of large and small life cycles of plants, but also to reveal the causes of the degeneration of herbaceous stoloniforming polycarpics.

Key words: biography, scientific activity, pedagogical activity, botany, biomorphology, stoloniferous plants.

References

1. Korovkin O.A. Morphogenesis of vegetative organs of *Solanum tuberosum* L. when growing plants from tubers. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 1984;4:27–34. (In Russ.)
2. Korovkin O.A. Morphogenesis of vegetative organs of *Helianthus tuberosus* L. when growing plants from seeds. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 1985;4:60–65. (In Russ.)
3. Korovkin O.A. *On the patterns of clone ontogenesis using the example of stolon-forming herbaceous polycarpics*: DSc (Bio) thesis: 03.00.05. Moscow, Russia, 1999:423. (In Russ.)
4. Korovkin O.A. Structure of the shoot system of clones of stolon-forming geophytes. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2001;3:47–64. (In Russ.)
5. Korovkin O.A. On the structure of the shoot system of clones of stolon-forming hemicryptophytes. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2002;4:51–65. (In Russ.)
6. Korovkin O.A. *Mysterious plants*. Moscow, Russia: ROSMEN, 2004:367 (In Russ.)
7. Korovkin O.A. *Atlas of flowers*. Moscow, Russia: ROSMEN, 2005:71 (In Russ.)
8. Korovkin O.A. *Patterns of ontogeny of clones of stolon-forming plants*. Moscow, Russia: Russian State Agrarian University-Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, 2005:354 (In Russ.)
9. Korovkin O.A., Cheryatova Yu.S. Morphogenesis of vegetative organs of *Oenothera fruticosa* L. In: *Doklady TSKhA*. Moscow, Russia: Russian State Agrarian University-Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, 2005;277:368–371. (In Russ.)

10. Korovkin O.A. *Anatomy and morphology of higher plants: dictionary of terms*. Moscow, Russia: Drofa, 2007:268. (In Russ.)
11. Korovkin O.A. *Biomorphological features of vegetatively mobile plants*. Moscow, Russia: AST-Press Kniga, 2010:320. (In Russ.)
12. Korovkin O.A. Biomorphological peculiarities of vegetatively mobile plants. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2013;6:57–67. (In Russ.)
13. Korovkin O.A. About the types and structure of clones in some stoloniferous bulbous geophytes. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2013;2:42–49. (In Russ.)
14. Korovkin O.A. On the structural and functional specificity of a stolon. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2013;3:47–52. (In Russ.)
15. Korovkin O.A. *Basic terms and concepts of morphology and anatomy of higher plants: a dictionary*. Moscow, Russia: Russian State Agrarian University-Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, 2015:166. (In Russ.)
16. Korovkin O.A., Zakharin M.G. *Nomenclature of economically important plants*. Moscow, Russia: Rosinformagrotech, 2017:52. (In Russ.)
17. Korovkin O.A. *Fruits of economically important plants*. 5th ed. Moscow, Russia: Rosinformagrotech, 2018:200. (In Russ.)
18. Korovkin O.A. About a special type of clones of higher plants. In: *Doklady TSKhA*. Moscow, Russia: Russian State Agrarian University-Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, 2019;291(2):520–525. (In Russ.)
19. Korovkin O.A. *Botany: a textbook*. 2d ed., rev. Moscow, Russia: KnoRus, 2023:436. (In Russ.)
20. Korovkin O.A., Cheryatova Yu.S. *Botany: a textbook*. Moscow, Russia: KnoRus, 2024:464. (In Russ.)
21. Agashe D., Falk J.J., Bolnick D.I. Effects of founding genetic variation on adaptation to a novel resource. *Evolution*. 2011;65:2481–2491.
22. Bell G. Evolutionary rescue. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*. 2017;48:605–627.
23. Fukui S, Araki K.S. Spatial niche facilitates clonal reproduction in seed plants under temporal disturbance. *PLoS One*. 2014;9(12): e116111. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0116111>
- Peniston J.H., Barfield M., Holt R.D. Environmental fluctuations dampen the effects of clonal reproduction on evolutionary rescue. *Journal of Evolutionary Biology*. 2021;34(4):710–722. <https://doi.org/10.1111/jeb.13778>

Сведения об авторе

Черятова Юлия Сергеевна, канд. биол. наук, доцент, доцент кафедры ботаники, селекции и семеноводства садовых растений, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел.: (499) 976–16–18; e-mail: u.cheryatova@rgau-msha.ru

Information about the authors

Yulya S. Cheryatova, CSc (Bio), Associate Professor, Associate Professor at Department of Botany, Breeding and Seed Technology of Horticultural Crops, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation); phone: (499) 976–16–18; e-mail: u.cheryatova@rgau-msha.ru

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ GOOGLE EARTH ENGINE ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ЗЕМЕЛЬ НА ПРИМЕРЕ АГРОЛАНДШАФТОВ МОСТОВСКОГО РАЙОНА КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ

А.А. ПРОХОРОВ, Б.А. БОРИСОВ, О.Е. ЕФИМОВ, Г.А. КАЩЕНКО, В.Н. ПЕТРОВ

(Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева)

На примере разработки проекта адаптивно-ландшафтных систем земледелия (АЛСЗ) для предприятия, локализованного в Мостовском районе Краснодарского края, описаны возможности использования веб-платформы Google earth engine как инструмента работы с пространственными данными. Представлен перечень возможностей сервиса, которые предлагается использовать для оптимизации процесса агроэкологической оценки земель сельскохозяйственного назначения. Описаны основные наборы данных каталога GEE, использование которых позволяет получать предварительную информацию о пространственной неоднородности участков и об их агроклиматическом потенциале. Рассмотрен способ построения среднемноголетних картограмм продуктивности по спутниковым снимкам Sentinel-2 MSI-2A с использованием вегетационных индексов NDVI и MCARI при их агрегировании. При полевой верификации картограмм среднемноголетней продуктивности было установлено, что в большинстве случаев зоны устойчивой низкой вегетации растений за период 2015–2023 гг. соответствовали контурам переувлажненных луговато-черноземных почв, которые в условиях предгорий Кавказа и избыточного количества осадков (в среднем 876 мм в год в соответствии с данными ERA-5 land) являлись худшими землями на территории предприятия, что выражалось в снижении продуктивности культур на них. Достигнутые результаты получены благодаря использованию сервиса GEE для анализа агроэкологических условий. В рамках разработки проектов АЛСЗ использование платформы позволяет решать ряд аналитических задач и обеспечивает высокую скорость и качество получения данных.

Ключевые слова: анализ данных, проектирование систем земледелия, оценка земель, агроклиматический потенциал, почвенно-ландшафтное обследование.

Введение

На сегодняшний день в связи с повышением уровня интенсификации сельскохозяйственного производства существенно возрос спрос на агрегируемые базы данных, позволяющие оценить продуктивность земель [4, 8]. Для решения комплекса задач агроэкологической оценки земель одним из наиболее подходящих инструментов на сегодняшний день является веб-платформа Google earth engine (GEE).

Хранение в GEE данных, подготовленных к дальнейшему анализу, основано на формировании каталогов [9]. Последняя опция реализуется посредством облачных и параллельных вычислений, что позволяет повысить производительность системы ввиду ее оптимизации под различные типы данных. [9, 16]. Цифровая среда GEE также включает в себя инструменты Google Fusion Tables, предназначенные

для анализа геометрических данных с атрибутами, системы управления кластерами и распределения информационных баз. Взаимодействие пользователя со средой реализовано посредством запросов через редактор кода Earth Engine (Code Editor).

В почвоведении представленный инструментарий веб-платформы в комбинации с геоинформационными системами (QGIS, ArcGIS, SAGA GIS) и функциями пространственного анализа в программах и программных средах (RStudio) применяется в целях создания цифровых карт, картограмм среднесуточной обеспеченности температурами и осадками, линий временных рядов, отображающих структуру почвенного покрова и морфометрические особенности ландшафта. [10–12]. В рамках концепции адаптивно-ландшафтных систем земледелия (АЛСЗ) [3] агроэкологическая оценка земель и агроэкологическая карта являются основой для их разработки.

Цель исследований: обзор возможностей сервиса Google earth engine и пример его использования в рамках разработки проекта АЛСЗ на территории Мостовского района Краснодарского края.

Материал и методы исследований

В работе приведены данные для участка, локализованного в Мостовском районе Краснодарского края ($40^{\circ}40'3.3471''$; $44^{\circ}23'51.3505''$) (рис. 1).

Исследования по разработке проекта АЛСЗ были проведены осенью 2023 г. в рамках коммерческого договора с предприятием. Работа с облачной платформой GEE включала в себя оценку агроклиматических условий с учетом тепло- и влагообеспеченности, морфометрический анализ цифровой модели местности (ЦММ) SRTM-global с разрешением 30 м, которая с использованием алгоритмов фильтрации прошла процедуру сглаживания и была трансформирована в цифровую модель рельефа с использованием модуля SAGA GIS и метода, предложенного в работе [14] (рис. 2). Основные морфометрические параметры – такие, как экспозиция, крутизна и форма склонов, в дальнейшем использовались для оценки перераспределения тепла и влаги. На основании спутниковых снимков Sentinel-2 MSI-2A построены растровые картограммы среднесуточной продуктивности по индексам вегетации [5–7].

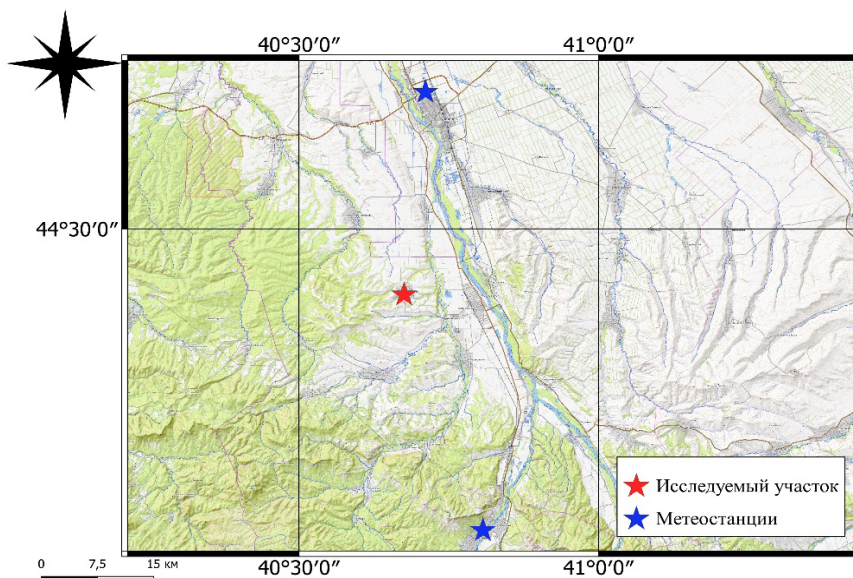


Рис. 1. Пространственная локализация анализируемого участка

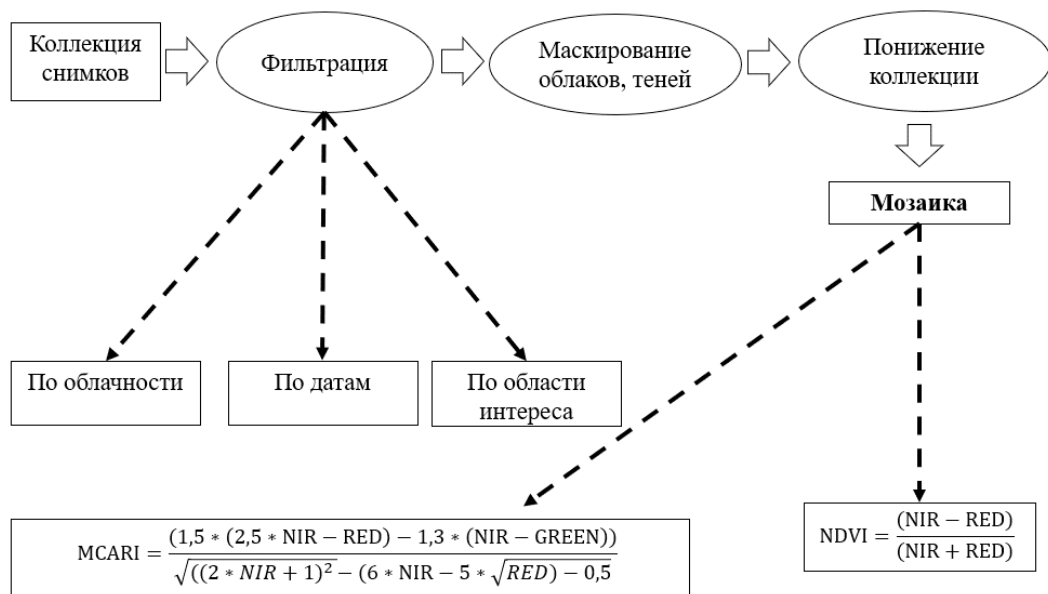


Рис. 2. Алгоритм анализа спутниковых снимков

Результаты и их обсуждение

Агроклиматические условия. Базовые параметры, используемые для оценки климатического потенциала земель в соответствии с методикой агроэкологической оценки [3], включают в себя количество осадков, минимальную среднюю и максимальную среднесуточную температуру. Открытый набор данных предоставляет Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации в виде массивов по основным агрометеорологическим параметрам. [1]. Перечень станций России для версии архива составлен на основании Списка станций Росгидромета, включенных в Глобальную сеть наблюдений за климатом, утвержденного руководителем Росгидромета 25 марта 2004 г. Однако для исследуемого участка в Мостовском районе, где ближайшими метеостанциями являются пункт наблюдения в городах Лабинск (30 км севернее) и Псебай (35 км южнее), наблюдения не агрегируются, так как эти пункты наблюдения не входят в список станций глобальной сети. К тому же использование таких данных напрямую, без предварительной калибровки с учетом удаленности целевого участка от метеостанций, также невозможно.

Задачу получения климатических данных позволяет решить использование наборов, представленных на платформе GEE. GEE агрегирует различные климатические наборы данных, откалиброванных в соответствии с «Глобальной сетью наблюдений».

Для исследуемого участка установлено, что с точки зрения теплообеспеченности условия благоприятны для возделывания большинства районированных сельскохозяйственных культур. При подсчете данных за период 2000–2023 гг. средняя сумма активных температур [$>10^{\circ}\text{C}$], рассчитанная по датам устойчивого перехода через 10°C , составляет 3278°C . Сумма температур $>5^{\circ}\text{C}$ и $>15^{\circ}\text{C}$ составила 4166°C и 3043°C соответственно.

Морфометрическая характеристика. При разработке систем земледелия невозможно пренебрегать особенностями морфометрического строения территории.

Многие агроэкологические ограничения, связанные с избытком или недостатком влаги, связаны в первую очередь с особенностями рельефа [3]. Для проведения дистанционного анализа по основным морфометрическим параметрам, включающим в себя принадлежность участков к водосборам, параметры крутизны и экспозиции, анализ протяженности склонов и вероятности проявления водной эрозии, в GEE существует ряд наборов данных, среди которых один из наиболее важных – «NASA SRTM Digital Elevation 30m» [8], предоставляющий цифровую информацию о неровностях земной поверхности или цифровую модель местности (ЦММ). Набор «MERIT Hydro: Global Hydrography Datasets» [15] предоставляет информацию о распространенности и принадлежности участков к объектам гидрографической сети. Набор данных «Global SRTM Landforms» [13] содержит классы рельефа, созданные путем объединения наборов данных непрерывного индекса тепловой нагрузки.

На основании данных SRTM с разрешением 30 м, проведения фильтрации с использованием алгоритма [14] и последующего заполнения пустых ячеек с использованием интерполяции была построена ЦМР, по которой в дальнейшем проводился первичный морфометрический анализ территории. На основании ЦМР в дальнейшем возможны построение картограмм крутизны и экспозиции склонов, анализ вероятности проявления процессов водной эрозии с использованием различных индексных методов по типу LS-фактора [2].

На рисунке 3 представлена картограмма крутизны склонов, построенная на основании ЦМР. Стоит отметить, что анализируемые участки характеризовались широкой вариабельностью форм рельефа, чередованием протяженных субгоризонтальных поверхностей с выраженной волнистостью, переходящих в протяженные склоны крутизной от 2° до 7° различных форм. В целом это свойственно для геоморфологического строения ландшафтов предгорных территорий Кавказа [3].

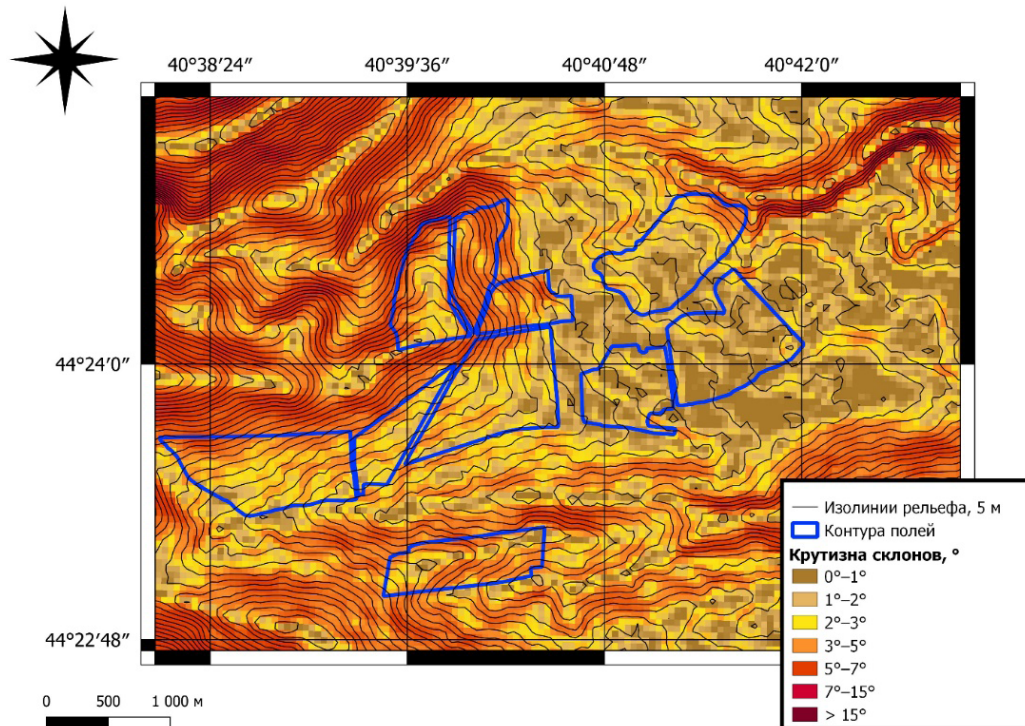


Рис. 3. Картограмма крутизны склонов, построенная по ЦМР

Анализ спутниковых снимков. GEE позволяет осуществлять операции между изображениями с использованием растровой алгебры и поддерживает функции более высокого порядка: **map()** и **iterate()**, – которые позволяют применять произвольные функции к коллекциям изображений. Для вычисления статистики по коллекциям изображений применяется оператор свертки **reduce()**, который может агрегировать данные. Клиентские библиотеки представляют собой прокси-объекты для изображений **ee.Image**, коллекций **ee.ImageCollection** и других типов данных – таких, как числа. Скорость работы со спутниковыми данными обусловлена возможностью анализа коллекции изображений без предварительного скачивания последних. При работе со снимками основной алгоритм получения изображения в формате **ee.Image** с использованием растровой алгебры сводится к использованию фильтров и функций, исключающих ненужную информацию. С помощью фильтрации по метаданным возможно исключение снимков с избыточной облачностью. Фильтры маскирования целевых участков позволяют работать с изображениями в области интереса [9].

В рамках проекта АЛСЗ на территорию предприятия были построены карты среднесуточной продуктивности полей по вегетационным индексам (ВИ) NDVI и MCARI. При формировании мозаики использовали набор снимков Sentinel-2 за период 2015–2023 гг. В дальнейшем через функцию **merge** производили объединение слоев для формирования итогового растрового слоя, для чего предварительно величины NDVI и MCARI были нормированы, чтобы вариация значений была представлена областью чисел от 0 до 1 ед. На основании данного алгоритма по каждому из полей предприятия были получены растровые картограммы среднесуточной продуктивности (рис. 4).

В соответствии с данными картограмм, при построении которых после фильтрации были использованы 36 спутниковых снимков Sentinel-2, в рамках контура каждого отдельного поля можно выделить участки с разным уровнем продуктивности. При проведении полевого обследования была заложена серия почвенных разрезов. Было установлено, что основной фактор, ограничивающий продуктивность растений на полях б и с (рис. 5), – избыточный гидроморфизм за счет накопления поверхностного стока. На таких выположенных шлейфах склонов распространены преимущественно луговато-черноземные почвы, которые в условиях высоких норм осадков (в среднем 876 мм/год) [9] типизируются как одни из самых худших участков в пределах землепользования предприятия.

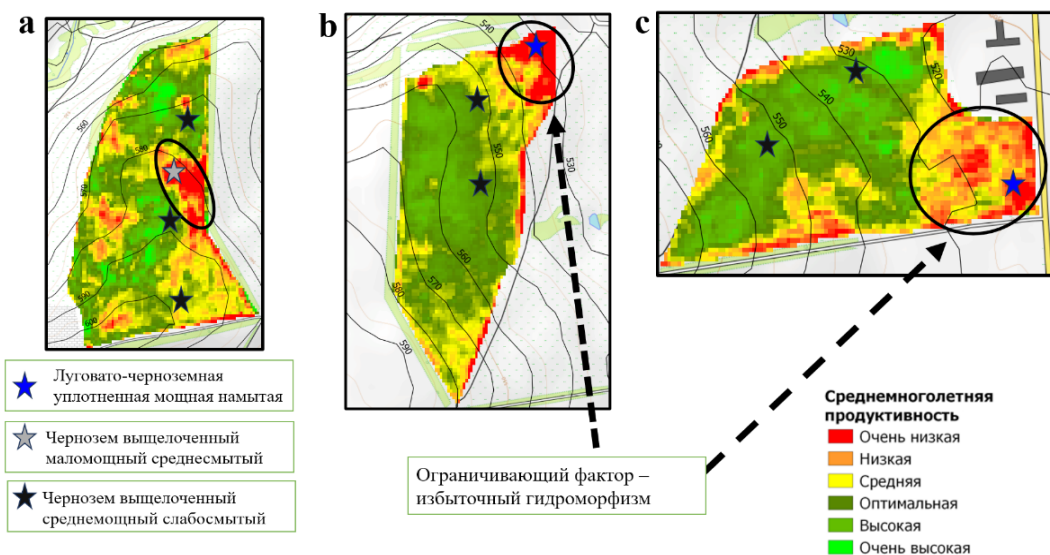


Рис. 4. Картограммы среднесуточной продуктивности по ВИ

Использованный в рамках работы подход построения среднемноголетних картограмм интенсивности вегетации является дополнительным источником информации о возможном пространственном распространении контуров почв в пределах одного поля. Данный концепт базируется на понятии агроэкологических факторов, заложенных в основу методологии оценки земель [3], когда растения снижают продуктивность в соответствии с проявлением определенных агроэкологических ограничений. В данном случае практически на всех полях предприятия были выделены участки с низкой среднемноголетней продуктивностью, соответствующие контурам луговато-черноземных почв, которые были приурочены к шлейфам склонов либо замкнутым понижениям при волнистом рельефе. В условиях избыточного количества осадков (по среднемноголетним данным, до 876 мм/год) и с учетом того, что в севооборотах ежегодно присутствует такая культура, как озимая пшеница, чувствительная к переувлажнению, особенно в ранневесенний период при возобновлении вегетации, с помощью анализа спутниковых данных можно более детально выделять контуры и рассчитывать площадь участков, где продуктивность растений будет ниже.

На основании проведенного почвенного обследования была сформирована агроэкологическая карта (рис. 5), группы и виды земель выделены в соответствии с методикой [3].

Стоит отметить, что предварительный анализ спутниковых снимков помогает более точно планировать маршруты при проведении полевых работ, а также более детально верифицировать пространственную локализацию контуров почв и контуров агроэкологических групп. Анализ морфометрических и агроклиматических показателей в соответствии с агроэкологическими требованиями культур позволяет определять наиболее оптимальные сорта и гибриды по группам спелости, а также планировать севообороты.

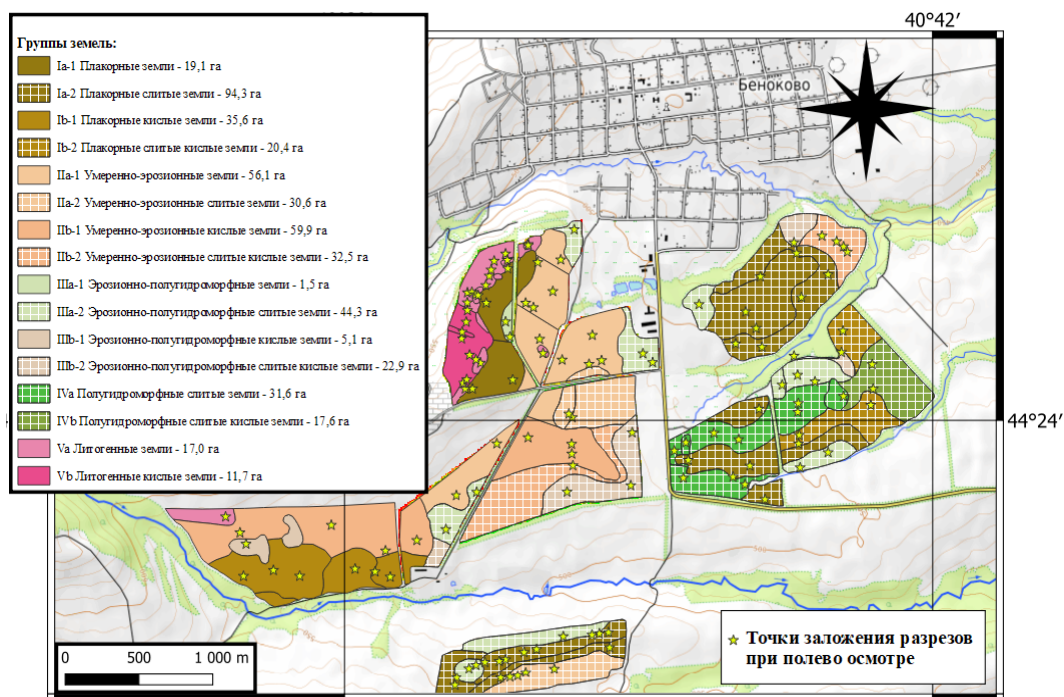


Рис. 5. Агроэкологическая карта на территорию предприятия

Выводы

В рамках проведенных исследований представлен узкий диапазон возможностей сервиса GEE, которые были использованы для оптимизации процесса агроэкологической оценки при разработке проекта АЛСЗ на территории Краснодарского края. Концепция оценки земель, основные положения которой освещены в работе [4], предполагает проведение комплексного анализа агроэкологических условий и использование платформы GEE, позволяя решать ряд прикладных задач, в частности, связанных с анализом агроклиматического потенциала, основных морфометрических параметров агроландшафта, а также дает возможность оценить пространственную неоднородность каждого отдельно взятого поля путем построения алгоритмов анализа спутниковых данных.

К основным плюсам использования платформы для решения задач оценки земель следует отнести:

- высокую скорость получения данных и исполнения алгоритмов в облачном пространстве;
- широкий спектр дата-сетов, представленных в каталогах, с различными диапазонами пространственно-временного разрешения, постоянное пополнение коллекций новыми данными из открытых источников, удобство получения разного типа данных, агрегированных в едином хранилище [Data stores];
- поддержку функционала геостатистической обработки данных, функций растровой алгебры и глубокого машинного обучения;
- упрощение полевого этапа почвенного обследования и верификации структуры почвенного покрова посредством предварительного анализа пространственной неоднородности агроландшафтов с помощью дистанционных методов.

Библиографический список

1. Булыгина О.Н., Разуваев В.Н., Александрова Т.М. Описание массива данных суточной температуры воздуха и количества осадков на метеорологических станциях России и бывшего СССР [TTTR]: Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2014620942. – ВНИИГМИ МЦД, 2014. – URL: <http://meteo.ru/data/162-temperature-precipitation>.
2. Ермолаев Н.Р., Юдин С.А., Белобров В.П. Оценка потенциала водной эрозии почв Ставропольского края на основе факторной модели RUSLE // Сельскохозяйственный журнал. – 2019. – № 3 (12). – С. 1–12. DOI: 10.25930/0372-3054/001.3.12.2019.
3. Кирюшин В.И., Иванов А.Л. Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий: Методическое руководство МСХ РФ, РАСХН. – М.: Росинформагротех, 2005. – 784 с.
4. Кирюшин В.И. Методология комплексной оценки сельскохозяйственных земель // Почвоведение. – 2020. – № 7. – С. 871–879. DOI: 10.31857/S0032180X20070060.
5. Прохоров А.А., Агеев К.Д., Горячев К.С. Использование индексов вегетации в почвенно-ландшафтом картографировании и агроэкологической оценке // АгроЭко-Инфо. – 2024. – № 2. DOI: <https://doi.org/10.51419/202142228>
6. Прохоров А.А., Борисов Б.А., Ефимов О.Е., Прокофьева К.Д., Кащенко Г.А. Оценка продуктивности плакорной агроэкологической группы земель на примере Краснодарского края // Агрохимический вестник – 2024. – № 4. – С. 39–44. DOI: 10.24412/1029-2551-2024-4-008.
7. Прохоров А.А., Борисов Б.А., Ефимов О.Е. Индексная оценки степени выпаханности черноземов предкавказской провинции // Агрохимический вестник. – 2023. – № 5. – С. 50–55. DOI: 10.24412/1029-2551-2023-5-009.
8. Прохоров А.А., Куприянов А.Н., Борисов Б.А., Ефимов О.Е. Агроэкологическая оценка продуктивности яровой пшеницы в агроландшафтах Нижнекамского района Республики Татарстан // Плодородие. – 2024. – № 5. – С. 89–96. DOI: 10.25680/S19948603.2024.140.19.

9. Farr T.G., Rosen P.A., Caro E., Crippen R., Duren R., Hensley S., Kobrick M., Paller M., Rodriguez E., Roth L., Seal D., Shaffer S., Shimada J., Umland J., Werner M., Oskin M., Burbank D., Alsdorf D. The shuttle radar topography mission // *Reviews of geophysics*. – 2007. – Vol. 45, № 2. DOI: 10.1029/2005RG000183.
10. Gorelick N., Hancher M., Dixon M., Ilyushchenko S., Thau D., Moore R. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone // *Remote sensing of Environment*. – 2017. – Vol. 202. – Pp. 18–27.
11. Kumar R., Deshmukh B., Kumar A. Using Google Earth Engine and GIS for basin scale soil erosion risk assessment: A case study of Chambal river basin, central India // *Journal of Earth System Science*. – 2022. – Vol. 131, № 4. – Art. 228. DOI: 10.1007/s12040-022-01977-z.
12. Luo C., Zhang X., Wang Y., Men Z., Liu H. Regional soil organic matter mapping models based on the optimal time window, feature selection algorithm and Google Earth Engine // *Soil and Tillage Research*. – 2022. – Vol. 219. – Art. 105325. DOI: 10.1016/j.still.2022.105325.
13. Padarian J., Minasny B., McBratney A.B. Using Google's cloud-based platform for digital soil mapping // *Computers & Geosciences*. – 2015. – Vol. 83. – Pp. 80–88. DOI: 10.1016/j.cageo.2015.06.023.
14. Theobald D.M., Harrison-Atlas D., Monahan W.B., Albano C.M. Ecologically-relevant maps of landforms and physiographic diversity for climate adaptation planning // *PloS One*. – 2015. – Vol. 10, № 12. – Art. e0143619. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0143619>
15. Vosselmann G. Slope Based Filtering of Laser Altimetry Data // *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*. – Amsterdam, 2022. – Vol. 33, № B3. – Pp. 935–942.
16. Zhao Q., Yu L., Li X., Peng D., Zhang Y., Gong P. Progress and trends in the application of Google Earth and Google Earth Engine // *Remote Sensing*. – 2021. – Vol. 13, № 18. – Art. 3778. DOI: 10.3390/rs13183778.

USING GOOGLE EARTH ENGINE FOR THE PURPOSES OF AGROECOLOGICAL ASSESSMENT OF LANDS ON THE EXAMPLE OF AGROLANDSCAPES OF MOSTOVSKIY DISTRICT OF KRASNODAR KRAI

A.A. PROKHOROV, B.A. BORISOV, O.E. EFIMOV, G.A. KASHCHENKO, V.N. PETROV

(Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy)

The possibilities of using the Google Earth Engine web platform as a tool for working with spatial data are described using the development of the Adaptive Landscape Farming Systems (ALFS) project for enterprises in the Mostovskiy district of Krasnodar Krai as an example. The list of service features for optimizing the process of agroecological assessment of agricultural land is presented. The main datasets of the GEE catalog are described, the use of which allows to obtain preliminary information on the spatial heterogeneity of lands and their agroclimatic potential. The method of generating average annual productivity cartograms from Sentinel-2 MSI-2A satellite images using NDVI and MCARI vegetation indices with their aggregation is considered. During the field verification of the average annual productivity cartograms it was found that in most cases the zones of stable low vegetation of plants for the period 2015–2023 corresponded to the contours of over-watered meadow-chernozem soils. In the conditions of the Caucasian foothills and excessive precipitation (average 876 mm per year according to ERA-5 land data) they were the worst lands on the territory of the enterprise, which was expressed in the reduction of crop productivity. The results obtained were obtained by using the GEE service for the analysis of agro-ecological conditions. Within the framework of the ALSW project development, the use of the platform helps to solve a number of analytical tasks and ensures high speed and quality of data acquisition.

Keywords: data analysis, farming system design, land assessment, agroclimatic potential, soil-landscape survey

References

1. Bulygina O.N., Razuvaev V.N., Aleksandrova T.M. Description of the data set of daily air temperature and precipitation at meteorological stations of Russia and the former USSR [TTTR]: Certificate of state registration of the database No. 2023624731. VNIIGMI MTsD, 2014. (In Russ.) URL: <http://meteo.ru/data/162-temperature-precipitation>
2. Ermolaev N.R., Yudin S.A., Belobrov V.P. Assessment of the potential of water erosion of soils in the Stavropol Territory based on the RUSLE factor model. *Agricultural Journal*. 2019;3(12):1–12. (In Russ.) <https://doi.org/10.25930/0372-3054/001.3.12.2019>
3. Kiryushin V.I., Ivanov A.L. *Agroecological assessment of lands, design of adaptive landscape systems of agriculture and agrotechnologies: a manual of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation, RAS*. Moscow, Russia: Rosinformagrotekh, 2005:784. (In Russ.)
4. Kiryushin V.I. Methodology of integrated assessment of agricultural land. *Pochvovedenie*. 2020;7:871–879. (In Russ.) <https://doi.org/10.31857/S0032180X20070060>
5. Prokhorov A.A., Ageev K.D., Goryachev K.S. Use of vegetation indices in soil-landscape mapping and agroecological assessment. *AgroEcoInfo*. 2024;2. (In Russ.) <https://doi.org/10.51419/202142228>
6. Prokhorov A.A., Borisov B.A., Efimov O.E., Prokof'eva K.D., Kashchenko G.A. Assessment of productivity of upland agroecological group of land using on example of the Krasnodar Region. *Agrochemical Herald*. 2024;4:39–44. (In Russ.) <https://doi.org/10.24412/1029-2551-2024-4-008>
7. Prokhorov A.A., Borisov B.A., Efimov O.E. Index evaluation of chernozem degradation degree in the North Caucasian province. *Agrochemical Herald*. 2023;5:50–55. (In Russ.) <https://doi.org/10.24412/1029-2551-2023-5-009>
8. Prokhorov A.A., Kupriyanov A.N., Borisov B.A., Efimov O.E. Agroecological assessment of spring wheat productivity in agricultural landscapes of Nizhnekamsk region of the Republic of Tatarstan. *Plodorodie*. 2024;5:89–96. (In Russ.) <https://doi.org/10.25680/S19948603.2024.140.19>
9. Farr T.G., Rosen P.A., Caro E., Crippen R. et al. The shuttle radar topography mission. *Reviews of geophysics*. 2007;45(2). <https://doi.org/10.1029/2005RG000183>
10. Gorelick N., Hancher M., Dixon M., Ilyushchenko S. et al. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sensing of Environment*. 2017;202:18–27. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.031>
11. Kumar R., Deshmukh B., Kumar A. Using Google Earth Engine and GIS for basin scale soil erosion risk assessment: A case study of Chambal river basin, central India. *Journal of Earth System Science*. 2022;131(4):228. <https://doi.org/10.1007/s12040-022-01977-z>
12. Luo C., Zhang X., Wang Y., Men Z., Liu H. Regional soil organic matter mapping models based on the optimal time window, feature selection algorithm and Google Earth Engine. *Soil and Tillage Research*. 2022;219:105325. <https://doi.org/10.1016/j.still.2022.105325>
13. Padarian J., Minasny B., McBratney A.B. Using Google's cloud-based platform for digital soil mapping. *Computers & geosciences*. 2015;83:80–88. <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2015.06.023>
14. Theobald D.M., Harrison-Atlas D., Monahan W.B., Albano C.M. Ecologically-relevant maps of landforms and physiographic diversity for climate adaptation planning. *PloS One*. 2015;10(12): e0143619. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0143619>
15. Vosselmann G. Slope Based Filtering of Laser Altimetry Data. *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*. Amsterdam, 2022;33(B3):935–942.
16. Zhao Q., Yu L., Li X., Peng D. et al. Progress and trends in the application of Google Earth and Google Earth Engine. *Remote Sensing*. 2021;13(18):3778. <https://doi.org/10.3390/rs13183778>

Сведения об авторах

Прохоров Артем Анатольевич, аспирант 3 года обучения, ассистент кафедры почвоведения, геологии и ландшафтоведения РГАУ-МСХА, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Российская Федерация, г. Москва, Тимирязевская ул., 49; e-mail: artem.prokhorov.2016@inbox.ru; <https://orcid.org/0000-0002-2988-5055>

Борисов Борис Анорьевич, д-р биол. наук, профессор кафедры почвоведения, геологии и ландшафтоведения РГАУ-МСХА, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Российская Федерация, г. Москва, Тимирязевская ул., 49; e-mail: borisov@rgau-msha.ru <https://orcid.org/0000-0002-5396-1695>

Ефимов Олег Евгеньевич, канд. с.-х. наук, доцент, и.о. заведующего кафедрой почвоведения, геологии и ландшафтоведения РГАУ-МСХА, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Российская Федерация, г. Москва, Тимирязевская ул., 49; e-mail: efimovoe@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-8134-0159>

Кашченко Григорий Алексеевич, студент 3 курса кафедры почвоведения, геологии и ландшафтоведения, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Российская Федерация, г. Москва, Тимирязевская ул., 49; лаборант-исследователь, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение федеральный исследовательский центр «Почвенный институт имени В.В. Докучаева»; 119017, г. Москва, пер. Пыжевский, 7, стр. 2; e-mail: grigory.kashchenko@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0003-5906-0198>

Петров Вадим Николаевич, руководитель отдела агроэкологической оценки земель сельскохозяйственного назначения компании ООО «ЛиквиФорс»; г. Москва, вн. тер. г. муниципальный округ Донской, пр-кт Ленинский, 29; e-mail: v.petrov@liquiforce.ru; <https://orcid.org/0000-0002-2987-5055>

Information about the authors

Artem A. Prokhorov, postgraduate student, Assistant at the Department of Soil Science, Geology and Landscape Science, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation); e-mail: artem.prokhorov.2016@inbox.ru; <https://orcid.org/0000-0002-2988-5055>

Boris A. Borisov, DSc (Bio), Professor at the Department of Soil Science, Geology and Landscape Science, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation); e-mail: borisov@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-5396-1695>

Oleg E. Efimov, CSc (Ag), Associate Professor, Acting Head of the Department of Soil Science, Geology and Landscape Science, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation); e-mail: efimovoe@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-8134-0159>

Grigoriy A. Kashchenko, 3rd year student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation); Laboratory Research Assistant, V.V. Dokuchaev Soil Science Institute (7/2 Pyzhevskiy Ln., Moscow, 119071, Russian Federation); e-mail: grigory.kashchenko@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0003-5906-0198>

Vadim N. Petrov, Head of Agro-Ecological Assessment of Agricultural Land, ООО LiquiForce (29 Leninskiy Ave., Moscow, 127550, Russian Federation); e-mail: v.petrov@liquiforce.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2987-5055>

ПЕРСПЕКТИВЫ СЕЛЕКЦИИ
СМОРОДИНЫ ЗОЛОТИСТОЙ (*RIBES AUREUM* PURSH)
НА КАЧЕСТВЕННОЕ УЛУЧШЕНИЕ ПЛОДОВ

Р.А. НИГМАТЗЯНОВ¹, А.Г. КУКЛИНА², В.Н. СОРОКОПУДОВ³

¹Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ

²Главный ботанический сад имени Н.В. Цицина РАН

³Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений)

В статье представлены материалы исследований по нетрадиционной ягодной культуре смородины золотистой (*Ribes aureum* Pursh, подвид *Symphocalyx* Berl., сем. Grossulariaceae DC.), полученные в условиях Башкирского Предуралья на базе Кушнаренковского селекционного центра по плодово-ягодным культурам и винограду Башкирского НИИСХ УФИЦ РАН в период 2020–2022 гг. Смородина золотистая сортов Венера, Зарина, Ляйсан, Находка, Фатима, Шафак и разнообразные отборные формы, отличающиеся съедобными плодами с хорошим вкусом, культивировали на опытном участке по схеме 3×1 м в богарных условиях. Биохимический анализ и дегустационные оценки проводили в состоянии биологической спелости плодов во время сбора урожая, используя методические указания по плодово-ягодным культурам. Согласно итогам трехлетних исследований по оценке содержания в ягодах смородины золотистой биологически активных веществ в качестве источников для селекции рекомендованы следующие культивары, имеющие высокие показатели: содержания сахаров – сорта Фатима, Венера, форма 2–86; сухих растворимых веществ – сорта Находка, Венера, Фатима, формы 2–80, 2–86, 3–20; витамина С – сорта Фатима, Зарина, Венера, Находка, форма 2–86. Результаты проведенных исследований всех изученных сортов и отборных форм дают углубленное представление о химическом составе ягод смородины золотистой для их использования в селекции на улучшение качества плодов включая повышение содержания сахаров и витамина С.

Ключевые слова: смородина золотистая, плоды, селекция, сухие вещества, сахара, витамин С.

Введение

В практике плодоводства из растений рода *Ribes* L. давно и широко культивируются в основном такие виды, как смородина черная [1–3], смородина красная [4–6] и крыжовник [7–9], включая множество их сортов и гибридов. Среди же малоизвестных ягодных культур наиболее распространена смородина золотистая (*Ribes aureum* Pursh, секция *Symphocalyx* Berl., сем. Grossulariaceae DC.). Ее родина – Северная Америка, местообитания весьма разнообразны: на лугах в долинах рек, склонах гор, на засушливых равнинах. Первый сорт Crandell появился в Америке в начале XIX в., но он не выдержал испытаний в российском климате [10].

Важной проблемой остается создание зимостойких декоративных сортов с хорошей урожайностью и высоким качеством плодов. В ягодах *R. aureum* содержится

полный комплекс биологически активных веществ с антиоксидантными свойствами: аскорбиновая кислота, антоцианы и каротиноиды. Они обеспечивают лечебное воздействие на организм, способствуя устойчивости к различным заболеваниям, улучшая иммунитет организма [11–13].

В настоящее время селекция смородины золотистой осуществляется в различных регионах России и за рубежом [14–19]. Активные селекционные работы известны в Башкирском НИИСХ, где созданы сорта смородины золотистой (Ляйсан, Фатима, Находка, Венера, Зарина, Шафак) и разнообразные отборные формы, отличающиеся съедобными плодами с хорошим вкусом [20].

Цель исследований: определение перспектив дальнейшего получения сортов и отборных форм смородины золотистой на основе анализа морфометрических и биохимических характеристик зрелых плодов башкирской селекции.

Материал и методы исследований

Объектом изучения послужили плоды *R. aureum* наиболее известных сортов Находка, Фатима, Ляйсан, Венера, Зарина, Шафак (рис. 1) и отборные формы 2–80, 2–86, 3–10, 3–20, 4–10, 5–11, 5–13, 5–15 и 5–20. Исследования проводились в условиях Башкирского Предуралья на базе Кушнаренковского селекционного центра по плодово-ягодным культурам и винограду Башкирского НИИСХ УФИЦ РАН в период 2020–2022 гг. Опытные растения возделывали в условиях богары. Дегустацию ягод проводили при закрытой дегустации при достижении ягодами биологической спелости согласно «Программе и методике сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур» [21]. Вкусовые качества и биохимический состав ягод смородины золотистой изучали во время сбора урожая. Выборка для анализа и оценки составляла 25 плодов каждого сорта из среднего яруса куста.

Сушку плодов для анализа проводили в лаборатории в сушильном шкафу ШС-40 при температуре +60°C до абсолютно сухой массы.

Содержание сахаров (моносахариды и полисахариды) определяли в водной вытяжке высушенных плодов на спектрофотометре Spekol 1300 «Analytic Jena AG» (Германия) с пикриновой кислотой (модификация Соловьева) из расчета на абсолютно сухую массу [22]. Результаты исследований обрабатывали по программе Microsoft Office Excel 2019. Допустимая ошибка измерений не превышает нормы ($P \leq 5\%$).

Результаты и их обсуждение

Особенностью смородины золотистой является то, что большинство сортов и форм имеет неодновременное созревание ягод в плодовых кистях, созревание нижних ягод наблюдается раньше верхних. Созревание ягод происходит постепенно, меняется окраска от зеленого до розоватого, до красного или синевато-черного цвета. У большинства сортов зрелые ягоды благодаря селекционной работе до полного вызревания остальных не осыпаются, тем самым позволяя проводить сбор в один срок [23–31].

Результаты визуальной оценки плодов по окраске, форме, длине и толщине плодоножки, а также по отрыву спелых плодов от кисти представлены в таблице 1.

Высокое содержание растворимых сухих веществ (рис. 2) отмечено в ягодах сортов Венера и Находка, форм 2–80, 2–86. На протяжении всего периода изучения диапазон изменения этих показателей составил от 7,2 до 18,2%, тогда как у остальных образцов в редких случаях он достигал значения 16–21%. Ягоды *R. aureum* имели в составе в среднем 25% сухих растворимых веществ.



a



б



в



г



д



е

Рис. 1. Сорта *R. aureum* селекции Башкирского НИИСХ:
a – Венера; *б* – Ляйсан; *в* – Шафак; *г* – Фатима; *д* – Зарина; *е* – Находка

Вкус плодов и их химико-технологические особенности определяются сочетанием в них сахаров с кислотами и с другими веществами. Наибольшим содержанием сахара отличалась форма 2–86 (10%), а также ягоды смородины золотистой сортов Венера (8%) и Фатима (7,2%) (рис. 3).

На содержание накопления витамина С в ягодах, а также на другие химические компоненты влияют почвенно-климатические факторы места произрастания и степень зрелости плодов. В годы с влажным летним периодом у большинства форм ягоды при созревании начинают растрескиваться и терять товарный вид, их срок хранения снижается [23]. Содержание витамина С у некоторых сортов и образцов зависит от полноты созревания ягод, погодно-климатических условий, освещенности кроны и других факторов.

Визуальная характеристика плодов *R. aureum* в период 2020–2022 гг.
(по наблюдениям авторов)

Сорт / форма	Плод		Плодоножка		Отрыв
	Окраска	Форма	Длина	Толщина	
Венера	черная	овальная	средняя	средняя	мокрый
Зарина	оранжевая	округлая	средняя	средняя	сухой
Ляйсан	апельсиновая	округлая	средняя	средняя	мокрый
Находка	сине-фиолетовая	каплевидная	длинная	средняя	сухой
Фатима	темно-черная	округлая	средняя	средняя	сухой
Шафак	темно-коричневая	овальная	средняя	средняя	сухой
2–80	красно-коричневая	широкоовальная	длинная	толстая	мокрый
2–86	черная	округлая	средняя	средняя	сухой
3–10	темно-коричневая	широкоовальная	средняя	средняя	сухой
3–20	красно-коричневая	широкоовальная	длинная	средняя	сухой
4–10	коричневая	сплюснуто-овальная	средняя	средняя	сухой
5–11	черная	округло-овальная	короткая	толстая	сухой
5–13	желтоватая	округлая	средняя	средняя	сухой
5–16	черная	округлая	короткая	средняя	сухой
5–20	красная	округлая	короткая	средняя	мокрый

Наибольшее содержание витамина С при изучении оказалось у сортов Фатима, Венера, Зарина и формы 2–86 (рис. 4). В среднем насыщенность аскорбиновой кислотой колебалась от 41 до 72 мг%. Невысокое содержание витамина С за исследуемый период выявлено у форм 2–80 и 5–16 (37–41 мг%).

Проведенная дегустация сортообразцов смородины золотистой показала (табл. 2), что наилучшими по вкусовым предпочтениям являются сорта Венера, Фатима, Шафак и форма 2–86 (4,9–5 баллов). Их ягоды были сладкими, без привкуса горечи и терпкости.

У сортов Зарина и Ляйсан ягоды также были оценены достаточно высоко – на 4,7 и 4,8 балла. Низкая оценка дана формам 2–80, 5–13, 5–16, 5–20, у которых было выражено наличие кислого привкуса.

Оценка привлекательности ягод смородины золотистой показала, что сорта Шафак, Фатима, Венера, Зарина, Ляйсан, форма 2–86 получили высокие баллы (от 4,9 до 5) за равномерную форму, крупные размеры и яркую окраску ягод.

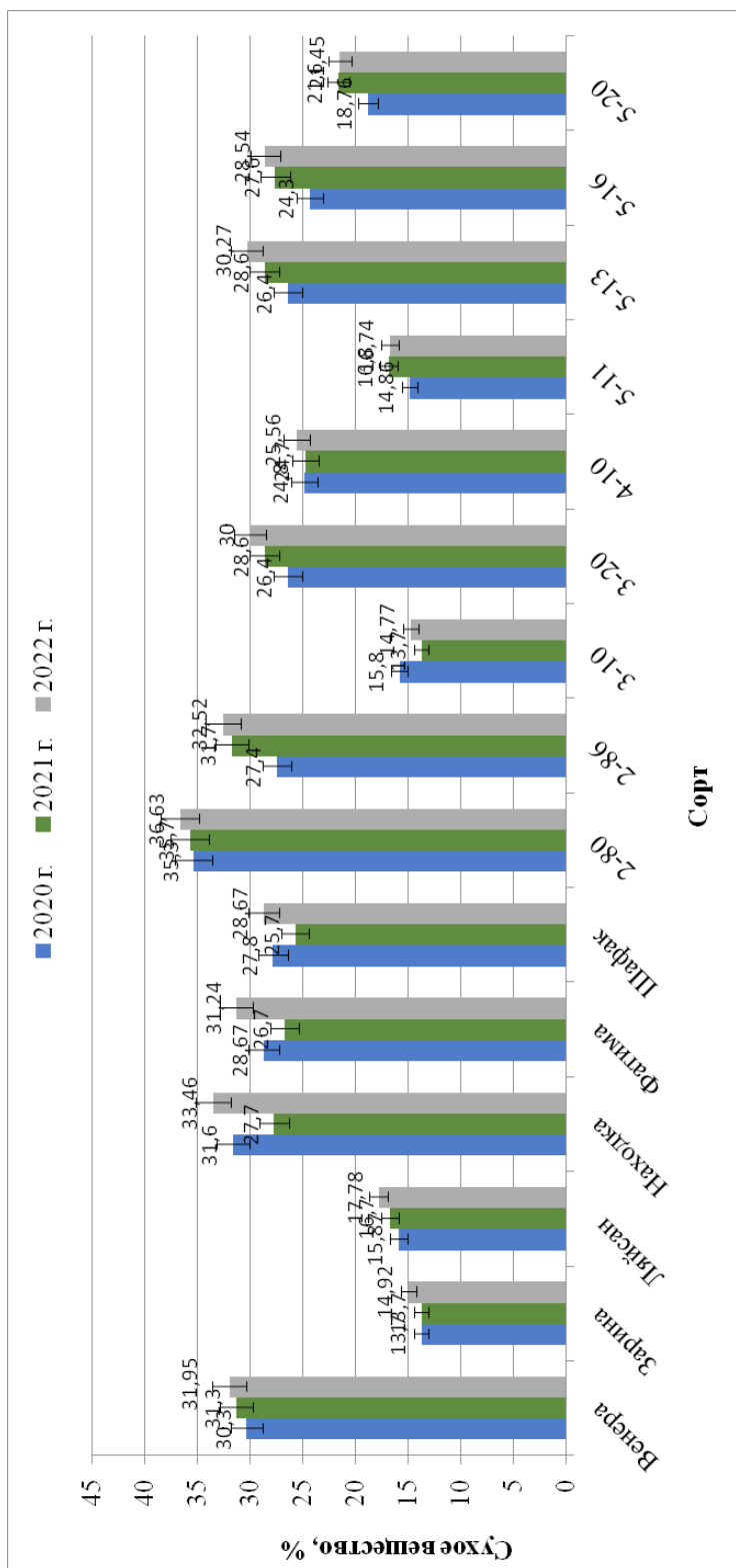


Рис. 2. Содержание сухого растворимого вещества, %, в плодах *R. aureum* в период 2020–2022 гг.

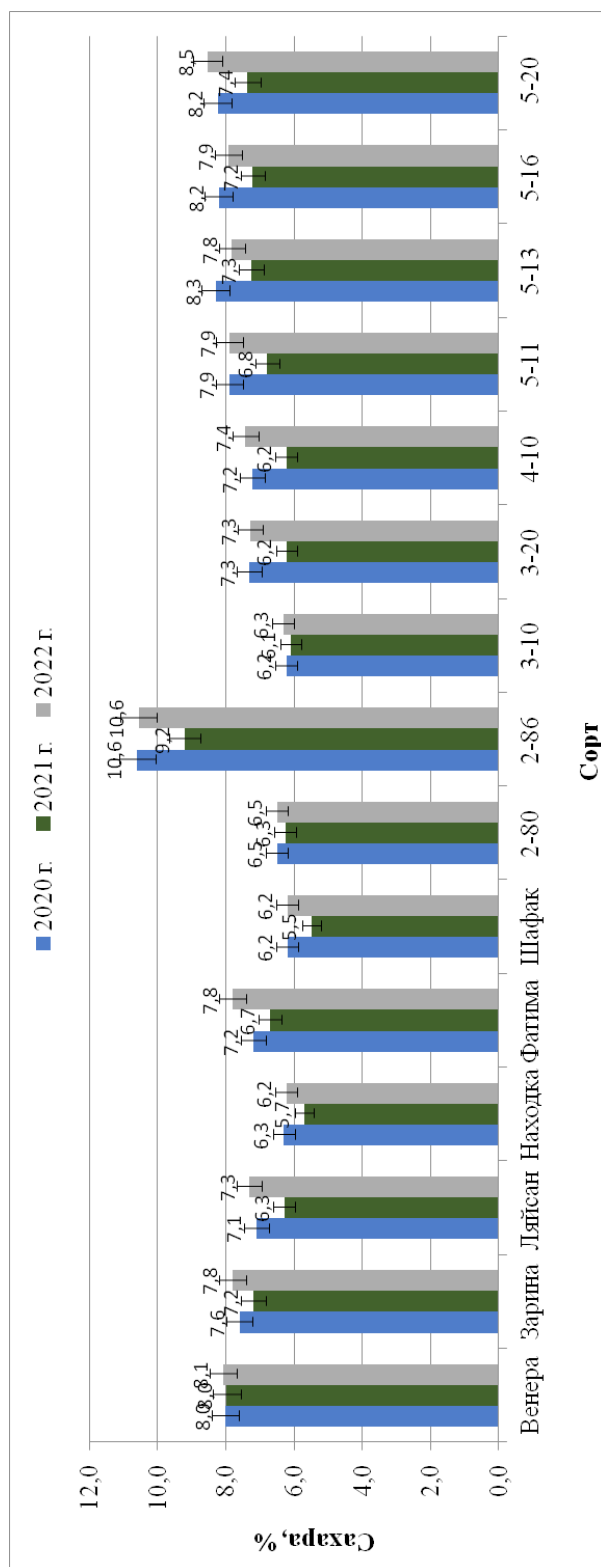


Рис. 3. Содержание сахаров, %, в плодах *R. aureum* в период 2020–2022 гг.

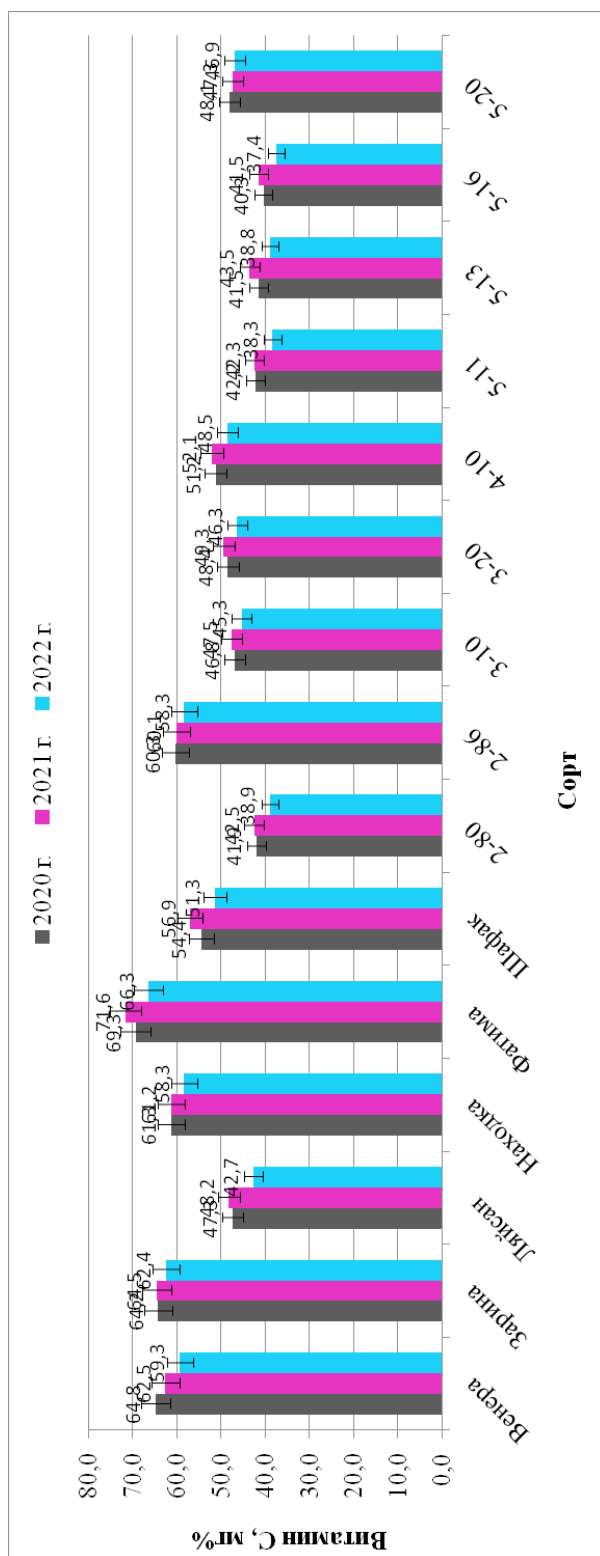


Рис. 4. Содержание витамина C, мг%, в плодах *R. angustifolius* в период 2020–2022 гг.

Внешний вид и дегустационная оценка плодов *R. Aureum*, балл, в период 2020–2022 гг.

Сорт/форма	Оценка ягод, балл				Среднее значение
	внешний вид	вкус	размер	окраска	
Венера	4,9±0,1	4,9±0,1	4,7±0,2	5,0±0,1	4,9±0,2
Зарина	5,0±0,2	4,8±0,2	4,4±0,1	5,0±0,2	4,8±0,1
Ляйсан	5,0±0,1	4,7±0,1	4,4±0,1	5,0±0,1	4,7±0,2
Находка	4,3±0,2	4,3±0,2	4,6±0,1	4,2±0,1	4,3±0,1
Фатима	5,0±0,1	4,9±0,2	4,6±0,2	5,0±0,2	4,9±0,2
Шафак	5,0±0,2	4,9±0,2	5,0±0,2	5,0±0,1	4,9±0,1
2–80	4,6±0,1	4,4±0,3	5,0±0,3	4,2±0,3	4,4±0,3
2–86	5,0±0,2	5,0±0,2	5,0±0,2	5,0±0,2	5,0±0,3
3–10	4,6±0,2	4,5±0,3	5,0±0,1	4,3±0,2	4,5±0,3
3–20	4,6±0,1	4,5±0,3	5,0±0,3	4,4±0,2	4,5±0,1
4–10	4,4±0,2	4,5±0,3	5,0±0,1	4,4±0,3	4,5±0,3
5–11	4,4±0,1	4,3±0,1	4,2±0,2	4,5±0,1	4,3±0,2
5–13	4,4±0,1	4,5±0,1	4,5±0,1	4,4±0,2	4,5±0,1
5–16	4,3±0,1	4,5±0,3	4,5±0,1	4,5±0,1	4,5±0,1
5–20	4,2±0,1	4,4±0,3	3,7±0,1	5,0±0,2	4,4±0,2

Выводы

Данные проведенных исследований дают углубленное представление о химическом составе ягод смородины золотистой по всем изученным образцам с возможностью их использования в селекции на высокое содержание сахаров, сухих веществ и витамина С.

По итогам трехлетних наблюдений и согласно оценке содержания в ягодах *R. aureum* биологически активных веществ в качестве источников рекомендованы следующие сорта и формы, имеющие высокие показатели содержания:

- сахаров – сорта Фатима, Венера, форма 2–86;
- витамина С – сорта Фатима, Зарина, Венера, форма 2–86;
- сухих растворимых веществ – сорта Находка, Венера, Фатима, формы 2–80, 2–86, 3–20.

Работа выполнена в рамках Госзадания ГБС РАН «Биологическое разнообразие природной и культурной флоры: фундаментальные и прикладные вопросы изучения и сохранения», проект № 122042700002–6, и Госзадания ВИЛАР «Формирование, сохранение и изучение биокolleкций генофонда различного направления с целью сохранения биоразнообразия и использования их в технологиях здоровьесбережения», проект № FGUU-2022–0014.

Библиографический список

1. Макаров С.С., Кузнецова И.Б. Влияние внекорневых обработок на процесс побегообразования растений черной смородины на этапе адаптации // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2020. – № 2 (82). – С. 111–114.
2. Макаров С.С., Кузнецова И.Б. Влияние цитокининов на процесс побегообразования растений черной смородины на этапе «собственно микроразмножение» // Вестник Бурятской ГСХА имени В.Р. Филиппова. – 2020. – № 2 (59). – С. 175–179. DOI: 10.34655/bgsha.2020.59.2.024.
3. Свидетельство о регистрации базы данных RU2023624731. Биоресурсная коллекция рода *Ribes* (Смородина черная) / С.С. Макаров, А.И. Чудецкий, А.Е. Мацнева, О.Е. Ханбабаева, В.Н. Сорокопудов; заявл. 05.12.2023; Опубл. 19.12.2023.
4. Макаров С.С., Кузнецова И.Б., Чудецкий А.И. Влияние различных концентраций ИМК на процесс корнеобразования красной смородины на этапе «укоренение in vitro» // Вестник Бурятской ГСХА имени В.Р. Филиппова. – 2020. – № 1 (58). – С. 117–121. DOI: 10.34655/bgsha.2020.58.1.018.
5. Макаров С.С., Кузнецова И.Б., Чудецкий А.И. Влияние цитокининов на процесс побегообразования растений красной смородины на этапе «собственно микроразмножение» // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2020. – № 3 (83). – С. 101–103.
6. Макаров С.С., Кузнецова И.Б., Чудецкий А.И. Изучение процесса адаптации красной смородины in vitro к нестерильным условиям in vivo // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2020. – № 5 (85). – С. 104–107.
7. Кузнецова И.Б., Макаров С.С. Влияние росторегулирующих веществ на процесс корнеобразования крыжовника на этапе «укоренение in vitro» // Вестник Бурятской ГСХА имени В.Р. Филиппова. – 2020. – № 1 (58). – С. 114–117. DOI: 10.34655/bgsha.2020.58.1.017.
8. Макаров С.С., Кузнецова И.Б. Влияние цитокининов на процесс побегообразования растений крыжовника на этапе «собственно микроразмножение» // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2020. – № 6 (86). – С. 99–102. DOI: 10.37670/2073-0853-2020-86-6-99-102.
9. Макаров С.С., Кузнецова И.Б. Изучение процесса адаптации крыжовника к нестерильным условиям // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2020. – № 1 (81). – С. 66–68.
10. Скворцов А.К., Виноградова Ю.К., Куikliна А.Г. и др. Формирование устойчивых интродукционных популяций: абрикос, черешня, черемуха, жимолость, смородина, арония: Монография. – М.: Наука, 2005. – 187 с.
11. Jordheim M., Mage F., Andersen Q.M. Anthocyanins in Berries of *Ribes* Including Gooseberry Cultivars with a High Content of Acylated Pigments // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2007. – Vol. 55, № 14. – Pp. 5529–5535. DOI: 10.1021/jf0709000.
12. Шапошник Е.И., Дейнека Л.А., Сорокопудов В.Н., Дейнека В.И., Бурменко Ю.В., Карпушинский В.В., Трегубов А.В. Биологически активные вещества плодов *Ribes* L. // Научные ведомости БелГУ. Серия «Естественные науки». – 2011. – № 9 (104). – Вып. 15/2а. – С. 241–251.
13. Sorokopudov V., Kuklina A., Nigmatzyanov R., Sorokopudova O., Nazaryuk N. Correlations of polyphenolic substances in *Ribes aureum* Pursh (Grossulariaceae) fruits // BIO Web of Conferences. – 2021. – Vol. 40. – Art. 02010. DOI: 10.1051/bioconf/20214002010.
14. Сорокопудов В.Н., Бурменко Ю.В., Соловьева А.Е. Смородина золотистая: Монография. – Белгород: Бел ГУ, 2008. – 60 с.

15. Сорокопудов В.Н., Куклина А.Г., Бурменко Ю.А. Перспективные сорта смородины золотистой (*Ribes aureum* Pursh) в средней полосе России // Плодоводство и ягодоводство России. – 2016. – Т. 47. – С. 311–315.
16. Сорокопудов В.Н., Бурменко Ю.В., Куклина А.Г., Нигматзянов Р.А. Селекция и сорта смородины золотистой // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. – 2017. – № 6. – С. 41–44.
17. Salykova V.S., Volozhanina L.V. Propagation of golden currant varieties bred at Lisavenko Research Institute of Horticulture for Siberia // Bulletin of Altai State Agrarian University. – 2019. – Vol. 3. – Pp. 47–51.
18. Samus V.A., Sumarenko A.M. Golden currant (*Ribes aureum* Pursh.) cultivation // Fruit-Growing: scientific papers. – 2016. – Vol. 25. – Pp. 515–520.
19. Kosimov A. The study of heat resistance of Golden Currant (*Ribes aureum* Pursh) varieties // International Journal of Research and Development. – 2019. – Vol. 4. – Iss. 112. – Pp. 30–32. DOI: 10.36713/epra2016.
20. Нигматзянов Р.А., Бурменко Ю.В., Сорокопудов В.Н. Некоторые итоги селекции смородины золотистой в условиях Республики Башкортостан // Плодоводство и ягодоводство России. – 2017. – Т. 50. – С. 219–223.
21. Огольцова Т.П., Куминов Е.П. Селекция смородины черной // Программа и методика селекции плодовых, ягодных и орехоплодных культур. – Орел: ВНИИ селекции плодовых культур, 1995. – С. 314–340.
22. Минеев В.Г. Практикум по агрохимии / Ред. В.Г. Минеев. – М.: Изд-во МГУ, 2001. – 689 с.
23. Капленко Е.А. Эколого-биологические особенности *Ribes aureum* Pursh в Приуралье // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2010. – № 4. – С. 266–267.
24. Firat M. *Ribes aureum* Pursh (Grossulariaceae): A New Record for the Flora of Turkey // Eurasian Journal of Forest Science. – 2018. – Vol. 6, № 4. – Pp. 26–31. DOI: 10.31195/ejefsf.476108.
25. Amanova M., Abdullaeva H. Promising Sources for Breeding Golden Currant (*Ribes aureum* Pursh) // E3S Web of Conferences. – 2023. – Vol. 421. – Art. 01004. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202342101004>
26. Kampuss K. Vegetative Parameters of New Plants of Golden Currant (*Ribes aureum*) in Mulched and Non-mulched Plots // Proc. XII Int. Rubus and Ribes Symposium: Innovative Rubus and Ribes Production for High Quality Berries in Changing. – 2019. – Art. 1277. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2020.1277.40>
27. Kampuss K. Preliminary Study of Golden Currant (*Ribes aureum* Pursh.) Cultivar Pollination, Fertility and Fruit Set Patterns // Proc. XIII Int. Rubus and Ribes Symposium. – 2023. – Art. 1388. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2024.1388.38>
28. Lācis G., Kārkliņa K., Bartulsons T. et al. Genetic Structure of a Ribes Genetic Resource Collection: Inter- and intra-specific Diversity Revealed by Chloroplast DNA Simple Sequence Repeats (cpSSRs) // Scientia Horticulturae. – 2022. – Vol. 304. – Art. 111285. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2022.111285>
29. Mexal J., Martin W.C. Chemotaxonomy of Ribes // The Southwestern Naturalist. – 1977. – Pp. 523–530.
30. Solomentseva A.S. Adaptive Potential and Phenotypic Variability of Ribes Species in the Lower Volga Region // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. – 2022. – Vol. 14, № 6. – Pp. 338–355. DOI: <http://doi.org/10.12731/2658-6649-2022-14-6-338-355>
31. Schultheis L.M., Donoghue M.J. Molecular Phylogeny and Biogeography of Ribes (Grossulariaceae), with an Emphasis on Gooseberries (subg. Grossularia) // Systematic Botany. – 2004. – Vol. 29, № 1. – Pp. 77–96. DOI: 10.1600/036364404772974239.

PROSPECTS OF BREEDING GOLDEN CURRANT (*RIBES AUREUM* PURSH) FOR QUALITATIVE IMPROVEMENT OF FRUITS

R.A. NIGMATZYANOV¹, A.G. KUKLINA², V.N. SOROKOPUDOV³

(¹Federal Scientific Agroengineering Center VIM;

²N.V. Tsitsin Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences;

³All-Russian Scientific Research Institute of Medicinal and Aromatic Plants)

*The article presents research materials on the unconventional berry culture of the golden currant (*Ribes aureum* Pursh, subgenus *Symphocalyx* Berl., family. Grossulariaceae DC.) obtained in the conditions of the Bashkir Urals on the basis of the Kushnarenkovsky Breeding Center for fruit and berry crops and grapes of Ufa Branch of the Russian Academy of Sciences in the period 2020–2022. Golden currant varieties Venera, Zarina, Lyaysan, Nakhodka, Fatima, Shafak and various selected forms, characterized by edible fruits with good taste, were cultivated on the experimental plot according to the scheme 3 by 1 m under rainfed conditions. Biochemical analysis and tasting were carried out at the stage of biological ripeness of the fruits during harvesting, using guidelines for fruit and berry crops. According to the results of the three-year research into the content of biologically active substances in golden currant berries, the following varieties are recommended as sources for breeding with high sugar content – varieties Fatima, Venera, form 2–86; with high content of dry soluble substances – varieties Nakhodka, Venera, Fatima, forms 2–80, 2–86, 3–20; with high content of ascorbic acid – varieties Fatima, Zarina, Venera, Nakhodka, form 2–86. The results of the conducted research of all the studied varieties and selected forms provide a detailed understanding of the chemical composition of golden currant, which can be used in breeding to improve the quality of the fruit, including increasing the sugar and vitamin C content.*

Keywords: golden currant, fruits, breeding, dry matter, sugars, vitamin C.

References

1. Makarov S.S., Kuznetsova I.B. The influence of soil foliar tillage on the process of shoot formation of blackcurrant plants at the adaptation stage. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2020;2:111–114. (In Russ.)
2. Makarov S.S., Kuznetsova I.B. The effect of cytokinins on the process of shoot formation of blackcurrant plants at the “proper micropropagation” stage. *Vestnik Buryatskoy GSKHA imeni V.R. Filippova*. 2020;2:175–179. (In Russ.) <https://doi.org/10.34655/bgsha.2020.59.2.024>
3. Makarov S.S., Chudetsky A.I., Matsneva A.E., Khanbabaeva O.E., Sorokopudov V.N. Database registration certificate RU2023624731. Bioresource collection of the genus *Ribes* (Black currant). Declared 05.12.2023; published 19.12.2023. (In Russ.)
4. Makarov S.S., Kuznetsova I.B., Chudetsky A.I. Influence of various concentrations of IMC on the process of root formation of red currant at the “rooting in vitro” stage. *Vestnik Buryatskoy gosudarstvennoy selskokhozyaystvennoy akademii im. V.R. Filippova*. 2020;1:117–121. (In Russ.) <http://doi.org/10.34655/bgsha.2020.58.1.018>
5. Makarov S.S., Kuznetsova I.B., Chudetsky A.I. The effect of cytokinins on the process of shoot formation of red currant plants at the stage of “true micropropagation”. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2020;3:101–103. (In Russ.)
6. Makarov S.S., Kuznetsova I.B., Chudetsky A.I. Studies on the adaptation process of red currant in vitro to non-sterile conditions in vivo. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2020; 5:104–107. (In Russ.)
7. Kuznetsova I.B., Makarov S.S. The influence of growth-regulating substances on the process of gooseberry root formation at the stage of “in vitro rooting”. *Bulletin of the Buryat State Agricultural Academy named after V.R. Filippov*. 2020;1:114–117. <http://doi.org/10.34655/bgsha.2020.58.1.017> (In Russ.)

8. Makarov S.S., Kuznetsova I.B. Influence of cytokinins on the process of gooseberry plant shoots at the stage of "own micropropagation". *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2020;6:99–102. (In Russ.) <http://doi.org/10.37670/2073-0853-2020-86-6-99-102>
9. Makarov S.S., Kuznetsova I.B. Studies on the process of gooseberries adaptation to non-sterile conditions. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2020;1:66–68. (In Russ.)
10. Skvortsov A.K., Vinogradova Yu.K., Kuklina A.G., Kramarenko L.A., Kostina M.V. *Formation of stable introduced populations: apricot, cherry, cherry, honeysuckle, currant, aronia*. Moscow, Russia: Nauka. 2005:187. (In Russ.)
11. Jordheim M., Mage F., Andersen Q.M. Anthocyanins in Berries of *Ribes* Including Gooseberry Cultivars with a High Content of Acylated Pigments. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2007;55(14):5529–5535. <https://doi.org/10.1021/jf0709000>
12. Shaposhnik E.I., Deyneka L.A., Sorokopudov V.N., Deyneka V.I. et al. Biologically active substances of *Ribes* L. fruits. *Nauchnye vedomosti belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Estestvennye nauki*. 2011;9(15/2a):241–251. (In Russ.)
13. Sorokopudov V., Kuklina A., Nigmatzyanov R., Sorokopudova O., Nazaryuk N. Correlations of polyphenolic substances in *Ribes aureum* Pursh (Grossulariaceae) fruits. *BIO Web of Conferences*. 2021;40:02010. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20214002010>
14. Sorokopudov V.N., Burmenko Yu.V., Solovyova A.E. *Golden currant*. Belgorod, Russia: Bel GU, 2008:60. (In Russ.)
15. Sorokopudov V.N., Kuklina A.G., Burmenko Yu.A. Perspective varieties of golden currant (*Ribes aureum* Pursh) in middle of Russia. *Pomiculture and Small Fruits Culture in Russia*. 2016;47:311–315. (In Russ.)
16. Sorokopudov V.N., Burmenko Yu.V., Kuklina A.G., Nigmatzyanov R.A. Selection and varieties of golden currant in Russia. *Vestnik of the Russian Agricultural Science*. 2017;6:41–44. (In Russ.)
17. Salykova V.S., Volozhanina L.V. Propagation of golden currant varieties bred at Lisavenko Research Institute of Horticulture for Siberia. *Bulletin of Altai State Agrarian University*. 2019;3:47–51.
18. Samus V.A., Sumarenko A.M. Golden currant (*Ribes aureum* Pursh.) cultivation. *Fruit-Growing: scientific papers*. 2016;25:515–520.
19. Kosimov A. The study of heat resistance of Golden Currant (*Ribes aureum* Pursh) varieties. *International Journal of Research and Development*. 2019;4(112):30–32. <https://doi.org/10.36713/epra2016>
20. Nigmatzyanov R.A., Burmenko Yu.V., Sorokopudov V.N. Some results of breeding of golden currant in conditions of Bashkiria. *Pomiculture and small fruits culture in Russia*. 2017;50:219–223. (In Russ.)
21. Ogoltsova T.P., Kuminov E.P. Selection of black currant. In: *Program and methodology of selection of fruit, berry and nut crops*. Orel, Russia: Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding, 1995:314–340. (In Russ.)
22. Mineev V.G. (Ed.) *Practicum on agrochemistry*. Moscow, Russia: Moscow State University, 2001:689. (In Russ.)
23. Kaplenko (Gnusenkova) Ye.A. Ecologo-biological peculiarities of currant *Ribes aureum* Pursh in Priuralye. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2010;4:266–267 (In Russ.)
24. Firat M. *Ribes aureum* Pursh (Grossulariaceae); a new record for the flora of Turkey. *Eurasian Journal of Forest Science*. 2018;6(4):26–31. <http://doi.org/10.31195/ejejfs.476108>
25. Amanova M., Abdullaeva H. Promising Sources for Breeding Golden Currant (*Ribes aureum* Pursh). *E3S Web of Conferences*. 2023;421:01004. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202342101004>

26. Kampuss K. Vegetative Parameters of New Plants of Golden Currant (*Ribes aureum*) in Mulched and Non-mulched Plots. *XII Int. Rubus and Ribes Symposium: Innovative Rubus and Ribes Production for High Quality Berries in Changing*. 2019;1277. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2020.1277.40>
27. Kampuss K. Preliminary Study of Golden Currant (*Ribes aureum* Pursh.) Cultivar Pollination, Fertility and Fruit Set Patterns. *XIII Int. Rubus and Ribes Symposium*. 2023: 1388. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2024.1388.38>
28. Lācis G., Kārklīņa K., Bartulsons T. et al. Genetic Structure of a *Ribes* Genetic Resource Collection: Inter-and intra-specific Diversity Revealed by Chloroplast DNA Simple Sequence Repeats (cpSSRs). *Scientia Horticulturae*. 2022;304:111285. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2022.111285>
29. Mexal J., Martin W.C. Chemotaxonomy of *Ribes*. *The Southwestern Naturalist*. 1977:523–530.
30. Solomentseva A.S. Adaptive Potential and Phenotypic Variability of *Ribes* Species in the Lower Volga Region. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. 2022;14(6):338–355. <http://doi.org/10.12731/2658-6649-2022-14-6-338-355>
31. Schultheis L.M., Donoghue M.J. Molecular Phylogeny and Biogeography of *Ribes* (Grossulariaceae), with an Emphasis on Gooseberries (subg. *Grossularia*). *Systematic Botany*. 2004;29(1):77–96. <http://doi.org/10.1600/036364404772974239>

Сведения об авторах

Нигматзянов Радмил Асхатович, канд. биол. наук, научный сотрудник, ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»; 109428, Россия, г. Москва, ул. 1-й Институтский проезд, 5; e-mail: 79374839931@yandex.ru; тел.: (499) 171–43–49

Куклина Алла Георгиевна, канд. биол. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории природной флоры, ФГБУН «Главный ботанический сад имени Н.В. Цицина Российской академии наук»; 127276, Россия, г. Москва, ул. Ботаническая, 4; e-mail: alla_gbsad@mail.ru; тел.: (903) 780–85–99

Сорокопудов Владимир Николаевич, д-р с.-х. наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории Ботанический сад ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений»; 117216, Россия, г. Москва, ул. Грина, 7; e-mail: sorokopud2301@mail.ru; тел.: (495) 388–55–09

Information about the authors

Radmil A. Nigmatzyanov, CSc (Bio), Research Associate, Federal Scientific Agroengineering Center VIM (5, Perviy Institutskiy Dr., Moscow, 109428, Russian Federation); phone: (499) 171–43–49; e-mail: 79374839931@yandex.ru

Alla G. Kuklina, CSc (Bio), Leading Research Associate at the Laboratory of Natural Flora, N.V. Tsitsin Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences (4, Botanicheskaya St., Moscow, 127276, Russian Federation); phone: (903) 780–85–99; e-mail: alla_gbsad@mail.ru

Vladimir N. Sorokopudov, DSc (Ag), Professor, Chief Research Associate at the Laboratory of the Botanical Garden, All-Russian Research Institute of Medicinal and Aromatic Plants (7 Grina St., Moscow, 117216, Russian Federation); phone: (495) 388–55–09; e-mail: sorokopud2301@mail.ru

МОРФОЛОГО-АНАТОМИЧЕСКИЕ И РАЗМЕРНО-ВЕСОВЫЕ
ХАРАКТЕРИСТИКИ, НАКОПЛЕНИЕ СУХОГО ВЕЩЕСТВА
В ФРУКТИФИКАЦИЯХ ТИСОВ (*TAXUS L.*),
ИНТРОДУЦИРОВАННЫХ В МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Н.А. ТРУСОВ¹, Е.В. СОЛОМОНОВА², И.А. САВИНОВ²

(¹Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН

²Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева)

*В озеленении используется много растений, являющихся потенциальными продуцентами лекарственных, в том числе противоопухолевых веществ. Одними из таких растений являются тисы (*Taxus L.*). При этом фруктификации тисов являются не только лекарственными, но и съедобными. Цель работы – выявление наиболее перспективных тисов по накоплению сухого вещества в ариллусах и семенах для лекарственного и пищевого использования в условиях Московской области. Было изучено морфолого-анатомическое строение фруктификаций 3 видов тисов: *T. baccata*, *T. × media* и *T. canadensis*, – установлены их размерно-весовые характеристики и содержание в них сухого вещества. Установлено, что фруктификации исследованных тисов морфологически схожи между собой. Фруктификации, ариллусы и семена *T. × media* и *T. baccata* крупнее таковых *T. canadensis*, имеют большую массу и содержание воздушно-сухого вещества. Общее содержание сухого вещества в фруктификациях *T. baccata* – 32%, *T. × media* – 35%, *T. canadensis* – 63%; на семена приходится 7, 8 и 45% соответственно, на ариллусы – 25, 27 и 18%. По содержанию сухого вещества в фруктификациях и/или семенах *T. canadensis* представляется более перспективным из изученных видов. Если же в качестве перспективной для пищевого применения части фруктификаций рассматривать съедобный ариллус, то предпочтение можно отдать *T. baccata* и *T. × media*.*

Ключевые слова: тис, тис ягодный, тис средний, тис канадский, фруктификации, семена, ариллусы, морфолого-анатомическое строение, размерно-весовые характеристики, содержание сухого вещества, лекарственные и пищевые растения.

Введение

Растения – кладовая природы, из которой можно черпать разнообразные биологические вещества (БАВ), способные насытить и вылечить человечество. Не всегда польза от применения растительных компонентов, особенно содержащихся в малых дозах, очевидна. Как правило, необходимы значительные усилия по обнаружению источников наиболее ценных природных соединений, обычно извлекаемых целыми комплексами (например, жирные масла вместе с каротиноидами и токоферолами), в отличие от чистых продуктов химического синтеза [19, 34, 36]. Поиск новых природных растительных источников сырья для извлечения БАВ сопряжен с классическими ботаническими исследованиями, основанными на анализе морфолого-анатомической структуры и размерно-весовых характеристиках растительных структур, а также с изучением интродукционного потенциала перспективных растений чужеродных флор [5, 17, 18, 24]. Выявлена перспективность сочных маслянистых плодов, накапливающих уникальные масла во внесеменных частях, формирующихся у представителей разных таксонов высших растений [3, 16, 20, 23]. Однако не только сочные плоды, аккумулирующие в околоплодниках уникальные

соединения, необходимые зародышам будущих спорофитов, но и листья некоторых растений могут служить ежегодным, легко возобновляемым в ежегодном ритме, удобным растительным сырьем. Предположительно промышленное получение подземных долгорастущих корней и корневищ является более затратным, технически сложным и длительным.

Ранее нами изучалась продуктивность листовой массы древогубцев, перспективных растений для получения веществ, обладающих противораковой активностью [4, 21]. Вместе с тем в озеленении используется достаточно много растений, являющихся потенциальными продуцентами лекарственных противоопухолевых веществ. Интродукционный потенциал таких растений известен, агротехника в большей мере разработана, но продуктивность растений в новых для них условиях обитания остается неизученной. Одними из таких растений являются тисы.

Род Тис (*Taxus* L.) относится к семейству Тисовые (*Taxaceae* Gray nom. cons.) и включает в себя 9 видов и 2 гибрида. Тисы являются деревьями или кустарниками, высота растений достигает 10 (20) м. Растет тис относительно медленно, но отличается большой продолжительностью жизни, по разным источникам – от 1,5 до 4 тыс. лет. Произрастает на западе, в центре и на юге Европы, северо-западе Африки, на севере Ирана и юго-западе Азии. В пределах Российской Федерации тис встречается преимущественно в западной части Северного Кавказа (Кавказский заповедник, Тисо-самшитовая роща) и в районе Анапы и Новороссийска; на востоке доходит почти до побережья Каспийского моря, а также в Калининградской области и на российском Дальнем Востоке: Приморском и Хабаровском краях, на Сахалине, южных и средних Курильских островах [1, 12–14, 28]. Несколько видов тисов интродуцированы в Московском регионе [6], некоторые тисы используются в озеленении: *T. × media* – популярное декоративное растение, имеющее несколько декоративных форм; *T. baccata* также традиционно используется в озеленении, в том числе городов юга страны [9]. Все части тиса ядовиты, причиной чего является содержащееся в них вещество таксин [11, 22]. Исключение составляют ариллусоподобные структуры, традиционно в литературе именуемые ариллусами [27, 41]. Мякоть ариллусов желеобразная, сладковатая, легко отделяется от семени. Семя, как и все растение, является ядовитым. Ариллусы же для пищевого использования пригодны, совершенно безопасны и даже полезны. Их состав до сих пор досконально не изучен. Известно, что в составе ариллуса присутствуют витамины, в том числе провитамины А, каротиноиды, полифенолы, фенилпропаноиды, пектин, органические кислоты и небольшое количество углеводов [11]. Важно отметить, что ариллусы тисов применяются в качестве лекарственного сырья. Есть сведения о применении в народной медицине Индии и Китая свежих ариллусов и пищевых (!) продуктов их переработки (соки, джемы, варенья) в качестве тонического, желудочного и отхаркивающего средств [10].

Несмотря на традиционное использование ариллусов тиса в пищу, их применение в пищевой промышленности в настоящий момент находится на уровне поисковых исследований. Широкое использование тисов затруднено рядом факторов, а именно: 1 – медленный рост растений, фруктификации появляются у достаточно взрослых растений; 2 – ядовитость вегетативных частей растения и семян; 3 – малочисленность тисов в природе, *T. baccata* занесен в Красную книгу России, относится к уязвимым видам.

Листья, кора и древесина тисов в своем составе имеют ряд ценных сильнодействующих биологически активных веществ.

1. Терпеноиды. Таксин ($C_{37}H_{51}NO_{10}$) – основное действующее вещество тиса, представляющее собой сумму различных алкалоидов. Он вызывает резкое раздражение слизистых пищеварительного тракта, сопровождаемое рвотой и поносом,

значительно влияет на сердечную деятельность, останавливает дыхание [25, 39]. Также в тисах содержатся и другие алкалоиды: милосеин, эфедрин, гликозид таксикантин. Эфедрин ($C_{10}H_{15}NO$) – психоактивный алкалоид. По фармакологическим свойствам эфедрин близок к адреналину. Он повышает артериальное давление, сужает сосуды, расширяет зрачок и бронхи, уменьшает перистальтику кишечника, возбуждает центральную нервную систему. В медицине эфедрин применяется при бронхиальной астме, в глазной практике и при лечении ряда других заболеваний [26].

2. Стероиды. Кампестерин ($C_{28}H_{48}O$) – фитостерин, структурный компонент клеточной мембраны. Может уменьшать концентрацию холестерина в человеческом организме более чем на 15%. Ситостерин ($C_{29}H_{48}O$) – спирт с одной двойной связью. Фитостерины используют в качестве сырья для получения стероидных гормонов. Ситостерин может применяться в качестве средства для лечения и предупреждения атеросклероза [15].

3. Цианогенные соединения. Токсифиллин ($C_{13}H_{18}N_4O_3$) – производное пурина. Улучшает микроциркуляцию и реологические свойства крови. Расширяет коронарные артерии, увеличивает доставку кислорода к миокарду (антиангинальный эффект), сосуды легких – улучшает оксигенацию крови. Повышает тонус дыхательной мускулатуры (межреберных мышц и диафрагмы) [33].

4. Лигнаны. Паклитоксел ($C_{47}H_{51}NO_{14}$) – таксановый алкалоид, в настоящее время использующийся для лечения различных опухолевых заболеваний, обладает также противовирусной, иммуностабилизирующей, антигрибковой, противоастматической активностью. Присутствие лигнанов в рационе человека резко снижает риск заболевания эстрогензависимыми и сердечно-сосудистыми болезнями [15].

5. Флавоноиды. Гинкгетин ($C_{30}H_{12}O_4(OCH_3)_2$) – фенольное соединение, применяемое при нарушении проводимости периферической и центральной нервной системы, для нормализации мозгового кровообращения, регулирования артериального давления, как бронхолитическое, антиастматическое средство. К сожалению, его содержание в тисе очень мало по сравнению с содержанием Гинкго двулопастного [26].

6. Антоцианы – окрашенные растительные гликозиды, содержащие в качестве агликона антоцианидины. Они находятся в растениях, обуславливая красную, фиолетовую и синюю окраску плодов и листьев. Антоцианы рассматривают как вторичные метаболиты. Они разрешены в качестве пищевых добавок, способствуют снижению воспалительных реакций и оксидативного стресса в кишечнике при употреблении избыточного количества жиров и углеводов и улучшают барьерные функции кишечника [26].

При этом наиболее хорошо изучены на предмет содержания лекарственных веществ плохо возобновляемые части растений тисов – в частности, кора, а возобновляемым частям – фруктификациям, заготовка которых не влияет на общее состояние растений, в литературе уделено мало внимания. В связи с тем, что тисы являются потенциальными лекарственными растениями, имеющими возобновляемые съедобные части, используемые в традиционной медицине ряда стран, и растут в условиях интродукции в Московском регионе, перед нами стояла цель изучить особенности репродуктивной биологии тисов в новых для них условиях: как источника перспективных возобновляемых лекарственных и пищевых растительных ресурсов, так и в качестве задела для последующих семеноводческих исследований.

Фруктификации тисов – это семена, заключенные в сочные ариллусоподобные структуры (ариллусы). В зрелых семенах тисов выделяют экзотесту из эпидермы и гиподермы, мезотесту из склеренхимных клеток и эндотесту из паренхимных уплощенных тонкостенных клеток [2]. По данным литературы, ариллус у тисов закладывается в виде кольца под чешуями приблизительно во время опыления семязачатка.

На ранних этапах развития он представляет собой блюдцевидную структуру зеленоватого цвета, растущую медленно. После того, как семенная кожура становится твердой, наблюдается быстрый рост ариллуса, он приобретает чашевидную форму и красный цвет [29, 30, 32]. Ариллус состоит из эпидермы и многослойной паренхимы. Клетки эпидермы мелкие, пигментированные. Клетки паренхимы крупные, тонкостенные, вытянутые радиально и вверх под углом к оси семени [32].

Морфолого-анатомические исследования последних лет показали, что мясистые структуры у *Pseudotaxus* W.C. Cheng и *Taxus* представляют собой разросшиеся видоизмененные семенные чешуи [31]. Благодаря яркой окраске ариллусов, семена тисов распространяются птицами и млекопитающими (мыши, белки, бурундуки, барсуки, лисы) [30, 35, 37, 40]. Ранее одним из авторов было исследовано развитие фруктификаций тисов на примере *T. canadensis*, произрастающего в дендрарии Главного ботанического сада имени Н.В. Цицина РАН [41]. Данная работа посвящена морфолого-анатомическим и размерно-весовым характеристикам фруктификаций тисов и содержанию в них сухого вещества.

Цель исследований: установить особенности накопления сухого вещества в ариллусах и семенах тисов в условиях Московской области для выявления перспективных видов для последующих биохимических и семеноводческих исследований.

Для решения цели были поставлены следующие задачи:

- оценка перспективности выращивания тиса в Московской области по итогам многолетних наблюдений;
- исследование морфолого-анатомического строения зрелых фруктификаций и их частей;
- исследование морфометрических показателей фруктификаций и их частей;
- определение содержания воздушно-сухого и абсолютно-сухого вещества в частях фруктификаций тисов;
- проведение сравнительной оценки морфолого-анатомических, морфометрических и биохимических характеристик фруктификаций тисов.

Материал и методы исследований

Объектами изучения были фруктификации тисов, созревающие в коллекции дендрария ГБС РАН: тиса ягодного (*T. baccata* L.), тиса среднего (*T. × media* Rehder) и тиса канадского (*T. canadensis* Marshall). Фруктификации *T. × media* и *T. canadensis* в литературе описаны весьма фрагментарно.

Тис ягодный (*Taxus baccata* L.) – вечнозеленое дерево высотой до 17 (27) м с яйцевидно-цилиндрической кроной, растущее в хвойно-широколиственных и широколиственных лесах Европы, Кавказа, Западной Азии и Северной Африки. Период жизни – до 4000 лет. Кора красновато-бурая, продольно-трещиноватая, отслаивающаяся пластинками. Листья – 20–35 × 2–2,5 мм, линейно-ланцетные, по краю слегка завернутые, сверху темно-зеленые, блестящие, снизу бледно-зеленые, тусклые; сохраняются 4–8 лет. Пылит в апреле-мае, начиная с 20–30 лет. Фруктификации созревают в конце августа – сентябре. Ариллус ярко-красный, бокаловидный, охватывающий семя до верхушки. Семена – 6–8 × около 5 мм, эллипсоидально-яйцевидные, заостренные на верхушке и слегка сплюснутые с боков, буроватые. Масса 1000 семян составляет 45–60 г. В 1 кг фруктификаций – 150–200 г семян [9, 12, 28].

Тис средний (*T. × media* Rehder) – гибридный вид от тиса ягодного и тиса остроконечного (*Taxus cuspidata* Siebold & Zucc.), отличается более быстрым ростом и восходящими вверх побегами. Кора оливково-зеленая, на солнце красноватая. Листья

имеют размер $13-27 \times 2-3$ мм, игольчатые. Фруктификации созревают в конце августа – сентябре [9].

Тис канадский (*Taxus canadensis* Marshall) – вечнозеленый кустарник высотой до 1 (2) м с восходящими ветвями, встречающийся в хвойных и хвойно-широколиственных лесах восточной части Северной Америки. Кора красноватая, тонкая. Листья – $10-25 \times 1-2,4$ мм, слегка серповидно-изогнутые, на верхушке коротко заостренные, сверху желтовато-зеленые, снизу бледно-зеленые. Фруктификации созревают в конце августа – сентябре. Ариллус ярко-красный, бокаловидный, охватывающий семя до верхушки. Семена – 4–5 мм длиной, слегка сплюснутые с боков. В культуре в Европе – с 1800 года [9, 28, 38].

Для изучения собирали около 120 фруктов каждого вида. Часть материала была зафиксирована в 70%-ном растворе этанола для морфолого-анатомического исследования. Большая часть предназначалась для сушки до воздушно-сухого состояния с помощью духового шкафа марки Ariston FT95VC.

Морфологические и анатомические характеристики фруктов изучали под световым микроскопом Биолам ЛОМО. Для светового микроскопирования готовили временные водные препараты, а также глицериновые препараты длительного хранения. Выполняли поперечные срезы бритвенным лезвием марки Gillette от руки. Фотоснимки препаратов делали с помощью фотоаппарата Canon EOS650D с использованием насадки Sigma 150mm 1:2,8 APO Micro DG HSM.

Измерения диаметра и длины фруктов и семян осуществляли с помощью штангенциркуля ШЦ-II-250–0,05 в 10-кратной повторности.

Для определения воздушно-сухой массы фруктов и их частей использовали весы Pocket Scale ML-A03. Повторность – 20-кратная. Рассчитывали абсолютное содержание воздушно-сухого вещества в 1 фруктификации, 1 ариллусе и 1 семени каждого вида тисов, а также относительное содержание воздушно-сухого вещества в ариллусе и семени.

Содержание абсолютно-сухого вещества определяли по стандартной методике [7], для чего использовали воздушно-сухие фруктификации. Образцы перемалывали в электрокофемолке ЗММ. Измельченные семена и ариллусы помещали в заранее приготовленные и высушенные фильтр-пакеты. Затем эти пакеты помещали в сушильный шкаф, нагретый до температуры 100–110 °С. Повторность анализов – 4-кратная. Сухую массу определяли сушкой до постоянного веса.

Обработку полученного цифрового материала проводили методами вариационной статистики [8]. Вычисляли относительное содержание сухого вещества в ариллусе и семени фруктификации и ее оводненность.

Результаты и их обсуждение

Фруктификации тисов схожи между собой. У *T. × media* фруктификации более округлые, у двух других видов – сплюснутые по продольной оси, что у *T. canadensis* более выражено. Каждая фруктификация содержит одно семя, окруженное чашеобразным красновато-оранжевым ариллусом (рис. 1). Семена бурые, блестящие, твердые, эллипсоидальной или яйцевидной формы, с заостренной верхушкой.

Результаты исследований, касающихся общего строения фруктификаций тиса, соответствуют приведенным ранее данным литературы [12, 28, 38].

Анатомическое строение ариллусов и семян тисов представлено на рисунке 2.

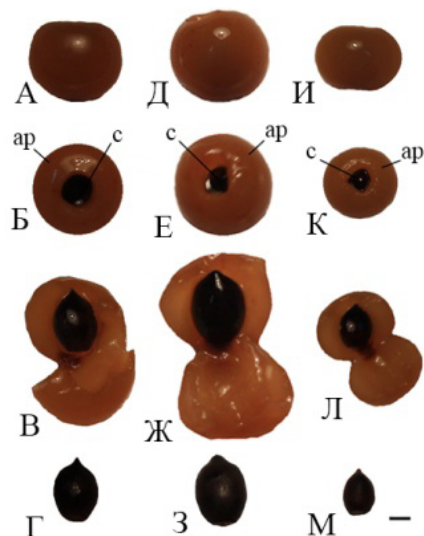


Рис. 1. Морфологическое строение фруктификаций тисов:

А-Г – *T. baccata*; Д-З – *T. × media*; И-М – *T. canadensis*; А, Д, И – фруктификации, вид сбоку; Б, Е, К – фруктификации, вид сверху; В, Ж, Л – местоположение семян в фруктификациях; Г, З, М – семена, вид сбоку; ар – ариллус; с – семя. Масштабная линейка – 1 мм

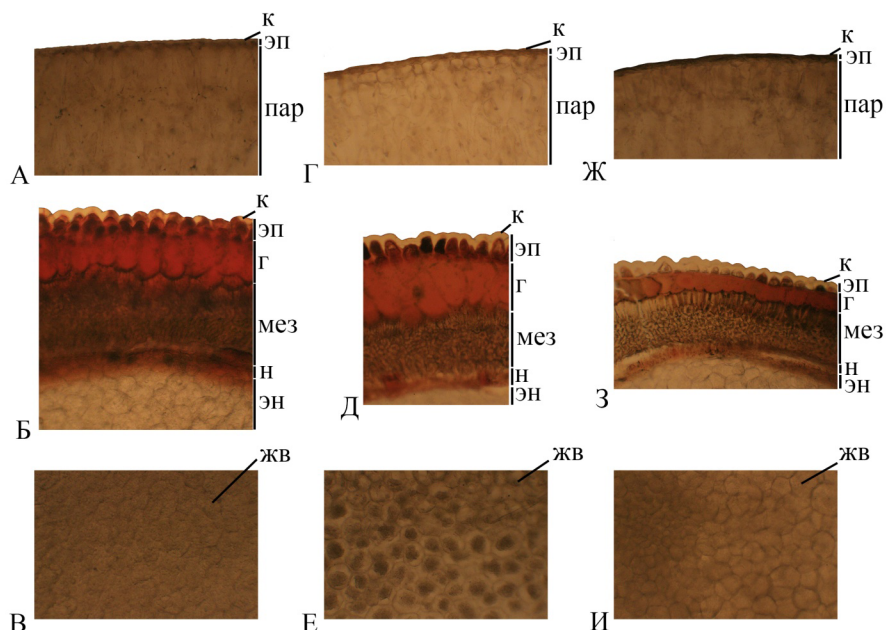


Рис. 2. Анатомическое строение фруктификаций тисов, поперечные срезы:

А-В – *T. baccata*; Г-Е – *T. × media*; Ж-И – *T. canadensis*; А, Г, Ж – ариллус; Б, Д, З – семенная кожура; В, Е, И – клетки эндосперма; г – гиподерма; жв – жировые включения; к – кутикула; мез – мезодерма; н – остатки нуцеллуса; пар – паренхима; эн – эндосперм; эп – эпидерма. Масштабная линейка – 0,1 мм

Ариллус многослойный состоит из однослойной эпидермы и многослойной паренхимы. Клетки эпидермы таблитчатые, покрыты кутикулой. Паренхима состоит из густоплазменных клеток с заметными ядрами, расположенных плотно. В клетках ариллуса присутствуют хромопласты.

Семенная кожура – многослойная. Эпидерма состоит из одного слоя таблитчатых клеток, слегка пирамидальных на поперечном срезе и покрытых кутикулой. Под эпидермой располагается слой гиподермы из клеток с бурым содержимым. У *T. baccata* и *T. × media* они вытянуты радиально, у *T. canadensis* – уплощены парадермально. Под гиподермой находится многослойная мезодерма из нескольких слоев склеренхимных клеток. Эндосперм – из плотно расположенных клеток с обильными жировыми включениями. Между семенной кожурой и эндоспермом находятся облитерированные остатки нуцеллуса.

Длина (совпадает с длиной ариллусов) и диаметр фруктификаций, длина и диаметр семян, масса фруктификаций, семян и ариллусов представлены в таблице 1. В связи с сочной консистенцией масса ариллуса рассчитывалась по разнице масс фруктификаций и семян.

Как следует из таблицы 1, фруктификации *T. × media* являются самыми крупными, а фруктификации *T. canadensis* – наиболее мелкими. Фруктификации *T. baccata* занимают среднее положение среди исследуемых видов. По весовым показателям фруктификаций и семян распределение исследуемых видов соответствуют распределению их по размерам, то есть более крупные имеют большую массу. Результаты ряда измерений недостоверны, но представительны, так как показатели точности опытов незначительно превышают 5%. Морфометрические и весовые характеристики у фруктификаций *T. baccata* и *T. × media* варьируют средне (10–20%) в отличие от *T. canadensis*, где коэффициент достигает 29%, что говорит о высокой степени вариации. Фруктификации *T. canadensis* являются наиболее разнородными по своим морфометрическим и весовым параметрам и наименее перспективными ввиду малых размеров.

Таблица 1

Морфометрические и весовые показатели фруктификаций и их частей

Вид \ Параметр	T. baccata				T. × media				T. canadensis			
	M±m _M	tm _M	V, %	P, %	M ±m _M	tm _M	V, %	P, %	M ±m _M	tm _M	V, %	P, %
Фруктификация												
длина, см	0,66±0,03	0,08	16,29	5,15	0,73±0,03	0,06	11,27	3,56	0,55±0,03	0,08	19,63	6,21
диаметр, см	0,72±0,03	0,66	12,76	4,04	0,75±0,04	0,09	16,92	5,35	0,55±0,03	0,07	17,67	5,59
масса, г	0,44±0,02	0,04	19,34	4,32	0,51±0,02	0,05	20,89	4,67	0,25±0,02	0,04	29,78	6,66
Семя												
длина, см	0,52±0,01	0,30	8,11	2,56	0,64±0,02	0,05	10,93	3,45	0,46±0,02	0,04	11,23	3,55
диаметр, см	0,35±0,02	0,04	15,06	4,76	0,37±0,02	0,03	13,06	4,13	0,32±0,02	0,05	19,74	6,25
масса, г	0,04±0,01	0,01	29,44	6,58	0,07±0,01	0,01	16,08	3,60	0,04±0,01	0,01	28,93	6,47
Ариллус												
масса, г	0,40	—	—	—	0,44	—	—	—	0,21	—	—	—

Примечание: M±m_M – средняя арифметическая и ее ошибка; tm_M – доверительный интервал; V – коэффициент вариации; P – показатель точности опыта для стандартного доверительного уровня 95% (точность опыта считается удовлетворительной при значениях показателя, не превышающих 5%).

Различия между размерно-весовыми характеристиками фруктификаций тисов оценивали по критерию Стьюдента (t-критерий). Было установлено, что по длине фруктификаций различие *T. baccata* и *T. × media* недостоверно – $t_{эмп} (1,8) < t_{табл} (2,1)$; различия *T. baccata* и *T. canadensis*, *T. × media* и *T. canadensis* достоверны – $t_{эмп} (2,8) > t_{табл} (2,1)$, и $t_{эмп} (4,8) > t_{табл} (2,1)$ соответственно. По диаметру фруктификаций различие *T. baccata* и *T. × media* недостоверно – $t_{эмп} (0,8) < t_{табл} (2,1)$; различия *T. baccata* и *T. canadensis*, *T. × media* и *T. canadensis* достоверны – $t_{эмп} (4,3) > t_{табл} (2,1)$ и $t_{эмп} (4,0) > t_{табл} (2,1)$ соответственно. По длине семян различия *T. baccata* и *T. × media*, *T. baccata* и *T. canadensis*, и *T. × media* и *T. canadensis* достоверны – $t_{эмп} (6,0) > t_{табл} (2,1)$, $t_{эмп} (3,0) > t_{табл} (2,1)$ и $t_{эмп} (9,0) > t_{табл} (2,1)$ соответственно. По диаметру семян различия *T. baccata* и *T. × media*, *T. baccata* и *T. canadensis* недостоверны – $t_{эмп} (1,0) < t_{табл} (2,1)$ и $t_{эмп} (1,5) < t_{табл} (2,1)$ соответственно; различия *T. × media* и *T. canadensis* достоверны – $t_{эмп} (2,5) > t_{табл} (2,1)$. По массе фруктификаций различия *T. baccata* и *T. × media*, *T. baccata* и *T. canadensis*, и *T. × media* и *T. canadensis* достоверны – $t_{эмп} (2,3) > t_{табл} (2,02)$, $t_{эмп} (9,5) > t_{табл} (2,02)$ и $t_{эмп} (13,0) > t_{табл} (2,1)$ соответственно. По массе семян различия *T. baccata* и *T. × media*, *T. baccata* и *T. canadensis*, и *T. × media* и *T. canadensis* недостоверны – $t_{эмп} (1,8) < t_{табл} (2,02)$, $t_{эмп} (0,08) < t_{табл} (2,02)$ и $t_{эмп} (1,70) < t_{табл} (2,02)$ соответственно.

Примечательно, что фруктификации *T. baccata*, собранные на территории дендрария ГБС РАН, по данным литературы, по длине и диаметру превосходят таковые [8, 41].

Содержание воздушно-сухого вещества в фруктификациях и их частях у трех исследуемых видов представлено в таблице 2.

Наибольшее содержание воздушно-сухого вещества в фруктификациях *T. × media* составляет $0,18 \pm 0,01$ г (35,29%). Наиболее оводненные фруктификации *T. canadensis* – $0,07 \pm 0,01$ г (28,00%), а также семена и ариллусы этого вида. Фруктификации и ариллусы *T. baccata* занимают промежуточное значение по содержанию воздушно-сухого вещества среди изученных видов тисов – $0,14 \pm 0,01$ г (31,82%). В фруктификациях тисов основное содержание воздушно-сухого вещества приходится на ариллусы: *T. × media* – $0,14 \pm 0,01$; *T. baccata* – $0,11 \pm 0,01$; *T. canadensis* – $0,05 \pm 0,01$ г. В семенах содержание воздушно-сухого вещества меньше: *T. × media* – $0,05 \pm 0,01$; *T. baccata* – $0,04 \pm 0,01$; *T. canadensis* – $0,03 \pm 0,01$ г.

Таблица 2

Содержание воздушно-сухого вещества в фруктификациях тисов, г

Вид	T. baccata				T. × media				T. canadensis			
	$M \pm m_M$	tm_M	V, %	P, %	$M \pm m_M$	tm_M	V, %	P, %	$M \pm m_M$	tm_M	V, %	P, %
фруктификация	$0,14 \pm 0,01$	0,01	21,63	4,83	$0,18 \pm 0,01$	0,01	10,33	1,63	$0,07 \pm 0,01$	0,01	21,91	3,46
ариллус	$0,11 \pm 0,01$	0,01	25,84	4,08	$0,14 \pm 0,01$	0,01	14,36	2,27	$0,05 \pm 0,01$	0,01	27,99	4,42
семя	$0,04 \pm 0,01$	0,01	22,34	3,53	$0,05 \pm 0,01$	0,01	19,19	3,03	$0,03 \pm 0,01$	0,01	27,50	4,34

Примечание. $M \pm m_M$ – средняя арифметическая и ее ошибка; tm_M – доверительный интервал; V – коэффициент вариации; P – показатель точности опыта для стандартного доверительного уровня 95% (точность опыта считается удовлетворительной при значениях показателя, не превышающих 5%).

Различия между содержанием воздушно-сухого вещества в фруктификациях тисов оценивали по критерию Стьюдента (t-критерий). Было установлено, что различия по содержанию воздушно-сухого вещества в фруктификациях *T. baccata* и *T. × media*, и *T. × media* и *T. canadensis* достоверны – $t_{эмп} (7,7) > t_{табл} (2,0)$ и $t_{эмп} (4,45) > t_{табл} (2,0)$ соответственно; различия *T. baccata* и *T. canadensis* недостоверны – $t_{эмп} (1,94) > t_{табл} (2,0)$.

По содержанию воздушно-сухого вещества в ариллусах различия *T. baccata* и *T. × media* недостоверно – $t_{эмп} (0,62) < t_{табл} (2,0)$; различия *T. baccata* и *T. canadensis*, и *T. × media* и *T. canadensis* достоверны – $t_{эмп} (2,02) > t_{табл} (2,0)$ и $t_{эмп} (3,68) > t_{табл} (2,0)$. По содержанию воздушно-сухого вещества в семенах различия *T. baccata* и *T. × media*, *T. baccata* и *T. canadensis*, и *T. × media* и *T. canadensis* недостоверны – $t_{эмп} (1,03) < t_{табл} (2,0)$, $t_{эмп} (0,87) < t_{табл} (2,0)$ и $t_{эмп} (1,87) < t_{табл} (2,0)$ соответственно. При этом наибольшее содержание воздушно-сухого вещества в пересчете на свежие семена у *T. baccata* составляет 91,76%, а наименьшее у *T. canadensis* – 65,34%; *T. × media* занимает промежуточное значение – 71,77%. Содержание воздушно-сухого вещества в воздушно-сухих ариллусах в пересчете на свежие ариллусы возрастает в ряду *T. canadensis*, *T. baccata* и *T. × media* – 23,19; 28,32 и 30,91% соответственно. Относительное содержание воздушно-сухого вещества в ариллусах *T. canadensis* наибольшее (36,84%) против 25,66 и 27,96% у *T. baccata* и *T. × media*. На семена приходится 63,16; 74,34; 72,04% соответственно (рис. 3). Показатель точности опыта не превышает 5%, что указывает на достоверность представленных данных. Коэффициенты вариации у *T. baccata* и *T. canadensis* высокие (20–30) в отличие от *T. × media*, где степень вариации имеет средние показатели (10–19).

Содержание абсолютно сухого вещества в воздушно-сухих ариллусах и семенах у трех исследуемых видов представлено в таблице 3.

Из таблицы 3 следует, что содержание влаги в воздушно-сухих ариллусах и семенах тисов является минимальным. Оно находится в интервалах $91,00 \pm 0,79$ – $95,00 \pm 0,23\%$ для ариллусов и $88,00 \pm 1,42$ – $94,00 \pm 0,86\%$ для семян. Наиболее хорошо в естественных условиях усыхают фруктификации *T. canadensis*. Воздушно-сухие фруктификации *T. × media* имеют наибольшую влажность среди исследованных видов тисов.

На основании данных о массе фруктификации, ее частей и об их оводненности были рассчитаны доли сухого вещества в одной фруктификации (рис. 4).

Наибольшее содержание сухого вещества зафиксировано в фруктификациях *T. canadensis* – 63%, при этом на семя приходится 45%, а на ариллус – 18%. У фруктификаций *T. baccata* и *T. × media* основное сухое вещество сосредоточено в ариллусах – 25 и 27% соответственно, а на семя приходится всего 7 и 8%. При этом общая оводненность их фруктификаций составляет 68 и 65%, что почти в 2 раза больше таковой у *T. canadensis* (37%). По содержанию сухого вещества в фруктификациях и/или семенах *T. canadensis* представляется более перспективным из изученных видов. Если же в качестве перспективной части фруктификаций рассматривать ариллус, то предпочтение можно отдать *T. baccata* и *T. × media*.

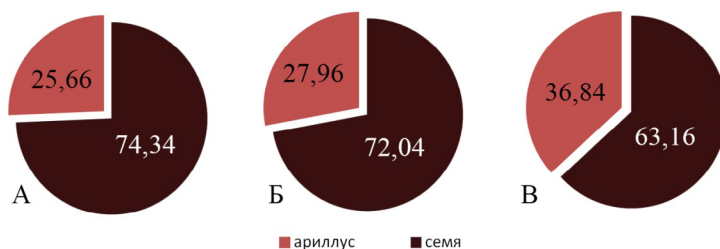


Рис. 3. Относительное содержание воздушно-сухого вещества в ариллусах и семенах тисов, %: А – *T. Baccata*; Б – *T. × media*; В – *T. canadensis*

Таблица 3

Содержание абсолютно сухого вещества в воздушно-сухих ариллусах и семенах у представителей рода *Taxus* L.

Часть \ Вид	<i>T. baccata</i>				<i>T. × media</i>				<i>T. canadensis</i>			
фруктификации	$M \pm m_M$	tm_M	V, %	P, %	$M \pm m_M$	tm_M	V, %	P, %	$M \pm m_M$	tm_M	V, %	P, %
ариллус	92,00±1,08	3,44	2,35	1,17	91,00±0,79	2,50	4,83	2,36	95,00±0,23	0,75	7,61	1,08
семя	93,00±1,22	3,89	2,63	1,32	88,00±1,42	4,53	8,44	2,19	94,00±0,86	2,73	9,34	2,59

Примечание. $M \pm m_M$ – средняя арифметическая и ее ошибка; tm_M – доверительный интервал; V – коэффициент вариации; P – показатель точности опыта для стандартного доверительного уровня 95% (точность опыта считается удовлетворительной при значениях показателя, не превышающих 5%).

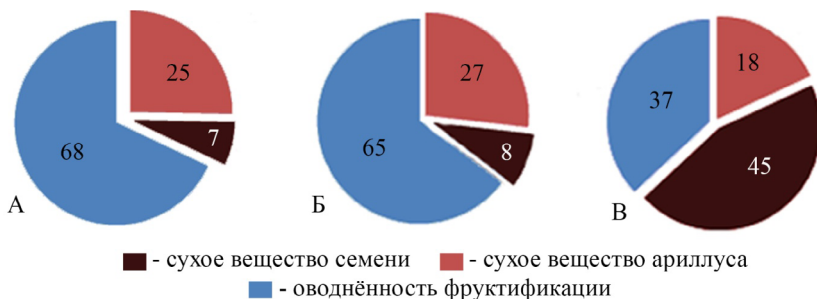


Рис. 4. Содержание сухого вещества в семени и ариллусе одной фруктификации представителей рода *Taxus* L. и ее оводненность, %:
 А – *T. Baccata*; Б – *T. × media*; В – *T. canadensis*

Выводы

Таким образом, на основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. В условиях Московского региона у *T. baccata*, *T. × media* и *T. canadensis* ежегодно созревает достаточно большое количество фруктификаций.

2. Фруктификации исследованных тисов схожи между собой; у *T. × media* они более шаровидные, у *T. × media* и *T. canadensis* – сплюснутые по продольной оси. Семена – одиночные, бурые, блестящие, твердые, эллипсоидальные или яйцевидные, на верхушке заостренные, до верхушки покрыты мясистым сочным оранжево-красным ариллусом.

3. Ариллус многослойный состоит из однослойной эпидермы и многослойной паренхимы, в клетках которых присутствуют хромопласты. Семенная кожура многослойная, из однослойной эпидермы, покрытой кутикулой, однослойной гиподермы (у *T. baccata* и *T. × media* клетки вытянуты радиально, у *T. canadensis* – уплощены парадермально) и из многослойной мезодермы из склеренхимных клеток. Эндосперм – из плотно расположенных клеток с обильными жировыми включениями.

4. Фруктификации (по размерам равны ариллусам) *T. canadensis* отличаются меньшими размерами, их длина и диаметр – по $0,55 \pm 0,03$ см, длина и диаметр

семян – $0,46 \pm 0,02$ и $0,32 \pm 0,02$ см. Самые крупные фруктификации (ариллусы) и семена у *T. × media* – $0,73 \pm 0,03 \times 0,75 \pm 0,04$ см и $0,64 \pm 0,02 \times 0,37 \pm 0,02$ см соответственно. Фруктификации (ариллусы) и семена *T. baccata* занимают промежуточное положение: $0,66 \pm 0,03 \times 0,72 \pm 0,03$ см и $0,52 \pm 0,01 \times 0,35 \pm 0,02$ см соответственно.

5. Наибольшая масса фруктификаций, семян и ариллусов у *T. × media* – $0,51 \pm 0,02$; $0,07 \pm 0,01$; $0,44$ г соответственно. Наименьшая масса ариллусов – у *T. canadensis* ($0,21$ г). У *T. baccata* масса ариллуса имеет промежуточное значение – $0,44$ г. Масса семян у *T. baccata* и *T. canadensis* практически одинаковая – $0,04 \pm 0,01$ г.

6. Наибольшее содержание воздушно-сухого вещества – в фруктификациях *T. × media* (35,29%); в ариллусах *T. × media* – 30,91%; в семенах *T. baccata* – 91,76%. Наименьшее его содержание в фруктификациях, семенах и ариллусах *T. Canadensis*: 28,00%; 23,19; 65,34% соответственно.

7. Наибольшее относительное содержание воздушно-сухого вещества в фруктификациях приходится на семена: *T. baccata* – 74,34%; *T. × media* – 72,04; *T. canadensis* – 63,16%.

8. Содержание абсолютно сухого вещества в воздушно-сухих ариллусах находится в интервале $91,00 \pm 0,79$ – $95,00 \pm 0,23$ %, в семенах – $88,00 \pm 1,42$ – $94,00 \pm 0,86$ %. Наиболее хорошо в естественных условиях усыхают фруктификации *T. canadensis*.

9. Общее содержание сухого вещества в фруктификациях *T. baccata* составляет 32%, *T. × media* – 35%, *T. canadensis* – 63%. На семена приходится 7, 8 и 45%, на ариллусы – 25, 27 и 18% соответственно.

10. По наибольшему содержанию сухого вещества в фруктификациях и/или семенах *T. canadensis* представляется более перспективным из изученных видов. Если же в качестве перспективной для лекарственного и пищевого применения части фруктификаций рассматривать съедобные ариллусы, то предпочтение можно отдать *T. baccata* и *T. × media*, накапливающим наибольшее количество сухого вещества.

Исследования частично выполнены в рамках государственного задания ГБС РАН по теме «Биологическое разнообразие природной и культурной флоры: фундаментальные и прикладные вопросы изучения и сохранения», № 122042700002–6.

Библиографический список

1. Баркалов В.Ю. Флора Курильских островов: Монография. – Владивосток: Дальнаука, 2009. – 466 с.
2. Бобров А.В. Сравнительная морфология и анатомия семян представителей порядков Rodocarpaceae, Cephalotaxales и Taxales (Gymnospermae) в связи с их систематикой и филогенией: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – М.: МГУ, 1997. – 24 с.
3. Савинов И.А., Соломонова Е.В. и др. Ботаника. Систематика растений и грибов. Практикум: Учебное пособие для вузов / И.А. Савинов, Е.В. Соломонова, Е.Ю. Ембатурова, Т.Д. Ноздрина. – СПб.: Лань, 2022. – 84 с.
4. Савинов И.А., Соломонова Е.В., Трусов Н.А., Симаков Г.А. Ботаническая оценка лекарственного потенциала древогубцев (*Celastrus* L.) // Известия ТСХА. – 2022. – № 6. – С. 13–30. DOI: 10.26897/0021-342X-2022-6-13-30.
5. Трусов Н.А., Морозова М.Ю., Яценко И.О. и др. Возможность выращивания декеней Фаргеза (*Decaisnea fargesii* Franch.; Lardizabalaceae R.Br.) в условиях Московского региона // Вестник КрасГАУ. – 2022. – № 8 (185). – С. 72–83. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-8-72-83.
6. Древесные растения Главного ботанического сада им. Н.В. Цицина РАН: 60 лет интродукции / Отв. ред. А.С. Демидов. – М.: Наука, 2005. – 586 с.

7. Ермаков А.И., Арасимович В.В., Смирнова-Иконникова М.И., Мурри И.К. Методы биохимического исследования растений. – М.: Государственное изд-во сельскохозяйственной литературы, 1952. – 520 с.
8. Зайцев Г.Н. Математика в экспериментальной ботанике: Справочное пособие. – М.: Наука, 1990. – 423 с.
9. Каталог древесных растений, выращиваемых в питомниках АППМ / Отв. ред. М. Ахмечет. – М.: АППМ, 2017. – 432 с.
10. Кобузов Г.М., Муратова Е.Н. Современные голосеменные (морфолого-систематический обзор и кариология): Монография. – Л.: Наука, 1986. – 191 с.
11. Коломиец Н.Э., Марьин А.А. Семейство Тахасеае S.F. Gray.: состав метаболитов, фармакологические свойства, препараты // Химия растительного сырья. – 2024. – № 3. – С. 28–48. DOI: 10.14258/jcprm.20240313382.
12. Комаров В.Л. Род 37. Тис – *Taxus* L. // Флора СССР. Т. I / Гл. ред. – акад. В.Л. Комаров. – Л.: Изд-во АН СССР, 1934. – С. 131–133.
13. Коропачинский И.Ю. Сем. Тисовых – Тахасеае S.F. Gray // Сосудистые растения советского Дальнего Востока. Т. 4 / Отв. ред. С.С. Харкевич. – Л.: Наука, 1989. – С. 24–25.
14. Красная книга Российской Федерации (растения и грибы) / Гл. ред. Ю.П. Трутнев. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008. – 885 с.
15. Лекарственные растения // Химико-фармацевтический журнал. – [Электронный ресурс]. – URL: <http://chem.folium.ru/index.php/chem/article/view/606/606>.
16. Малинкина Е.В., Кислухина О.В., Румянцев В.Ю. Сочные плоды дикорастущих и культурных растений как сырье для получения витаминизированных масел // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования: сб. тр. конф. (Москва – Пущино, 20–24 июня 2001 г.). – Т. III. – Москва-Пущино: Российский университет дружбы народов, 2001. – Т. III. – С. 532–534.
17. Черятова Ю.С., Ембатунова Е.Ю., Соломонова Е.В., Монахов С.Г. Морфометрическая характеристика плодов рапса (*Brassica napus* L.) // Естественные и технические науки. – 2023. – № 8 (183). – С. 85–87.
18. Соломонова Е.В., Трусов Н.А., Морозова М.Ю., Ноздрина Т.Д. Морфометрические и весовые характеристики экзотического съедобного плода декеней Фаргеза (*Decaisnea fargesii* Franch.) (Лардизабаловые – Lardizabalaceae R.Br.), произрастающей в условиях Московского региона // Социально-экологические технологии. – 2020. – Т. 10, № 3. – С. 249–264. DOI: 10.31862/2500-2961-2020-10-3-249-264.
19. Лебедева Д.Д., Трусов Н.А., Соломонова Е.В. и др. Перспективы использования хвойных растений Московского региона в качестве биобезопасного источника аскорбиновой кислоты // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 8. – С. 31–35.
20. Ноздрина Т.Д., Трусов Н.А., Солнышкова А.А., Соломонова Е.В. Плоды бересклетов как источник масел // День Науки: Материалы Общеуниверситетской научной конференции молодых ученых и специалистов (Москва, 1–30 апреля 2016 г.). – М.: Московский государственный университет пищевых производств, 2016. – Ч. 2. – С. 81–82.
21. Савинов И.А., Соломонова Е.В., Трусов Н.А., Симаков Г.А. Продуктивность листовой массы *Celastrus orbiculatus* Thunb. (Celastraceae) в условиях Московского региона // Вестник КрасГАУ. – 2022. – № 12 (189). – С. 49–53. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-12-49-53.
22. Растительные ресурсы России и сопредельных государств / Отв. ред. А.Л. Буданцев. – СПб.: Мир и семья, 1996. – Ч. I. Семейства Lycopodiaceae – Ephemerales. – Ч. II. Дополнения к 1–7 томам. – С. 38–40.

23. Созонова Л.И., Трусов Н.А., Соломонова Е.В. О классификации и номенклатуре сочных плодов // Бюллетень Главного ботанического сада. – 2012. – № 3 (198). – С. 65–67.
24. Савинов И.А., Трусов Н.А., Соломонова Е.В., Ноздрина Т.Д. Структура, морфогенез и эволюционные преобразования плодов с крыловидными выростами у представителей семейства Celastraceae R. Br // Turczaninowia. – 2015. – Т. 18, № 1. – С. 60–66. DOI: 10.14258/turczaninowia.18.1.7.7.
25. Таксоидные препараты // Медицинская энциклопедия. – [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.med-dic.ru/html-med/t/taksoidn3e-preparat3.html>.
26. Токсикология ядовитых растений // Сельскохозяйственная электронная библиотека знаний. – [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.cnsnb.ru/AKDIL/0045/base/k0260026.shtm>.
27. Трусов Н.А. Морфологическая природа и функции ариллусов некоторых представителей родов *Aristolochia*, *Asarum*, *Celastrus*, *Euonymus*, *Euphorbia*, *Viola* и *Taxus* // Turczaninowia. – 2016. – Т. 19, № 3. – С. 106–114.
28. Уханов В.В. Род *Taxus* L. – Тисс // Деревья и кустарники СССР: дикорастущие, культивируемые и перспективные для интродукции / Под ред. С.Я. Соколова, Б.К. Шишкина. – М. – Л.: Изд-во АН СССР, 1949. – Т. I. – С. 19–31.
29. Bierhorst D.W. Morphology of Vascular Plants. – New York, USA: Macmillan Co, 1971. – 566 p.
30. DiFazio S.P. The Reproductive Ecology of Pacific Yew (*Taxus brevifolia* Nutt.) under a Range of Overstory Conditions in Western Oregon: A Thesis ... degree of Master of Science. – Oregon, USA: Oregon State University, 1996. – 178 p.
31. Dörken V.M., Nimsch H., Rudall P.J. Origin of the Taxaceae Aril: Evolutionary Implications of Seed-cone Teratologies in *Pseudotaxus chienii* // Annals of Botany. – 2019. – Vol. 123. – Pp. 133–143.
32. Dupler A.W. Ovuliferous Structures of *Taxus canadensis* // Botanical Gazette. – 1920. – Vol. 69. – Pp. 492–520.
33. English Yew. *Taxus baccata* // Medicinal Plants of the Northeast. – [Electronic resource]. – URL: http://www.bio.brandeis.edu/fieldbio/medicinal_plants/pages/English_Yew.htm.
34. Solomonova E.V., Nozdrina T.D., Trusov N.A. et al. Food Potential of Alternative Pome Fruit Trees Cultivated in Moscow Region // Scientific Study and Research: Chemistry and Chemical Engineering, Biotechnology, Food Industry. – 2019. – Vol. 20, № 4. – Pp. 597–607.
35. Howe H.F., Westley L.C. Ecology of Pollination and Seed Dispersal // In: Crawley M.I. (ed.). Plant Ecology. – Oxford, UK: Blackwell Scientific Publ., 1986. – Pp. 185–215.
36. Solomonova E.V., Trusov N.A., Nozdrina T.D. Search for alternative plant raw materials for food industry and environmentally safe animal breeding // RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries. – 2021. – Vol. 16, № 1. – Pp. 18–29. DOI: 10.22363/2312-797X-2021-16-1-18-29.
37. Suszka B. Generative and Vegetative Reproduction // In: Markewicz H. (transl.). The Yew – *Taxus baccata* L. (Cis Pospolity). – Springfield, VA: National Technical Information Service, 1975. – Pp. 87–102.
38. *Taxus canadensis* Marshall // Flora of North America. – [Electronic resource]. – URL: http://www.efloras.org/florataxon.aspx?flora_id=1&taxon_id=233501254.
39. Tekol Y. The Medieval Physician Avicenna Used an Herbal calcium Channel Blocker, *Taxus baccata* L. // Phytotherapy Research. – 2007. – Vol. 21, № 7. – Pp. 701–702.
40. Tittensor R.M. Ecological History of Yew *Taxus baccata* L. in Southern England // Biol. Cons. – 1980. – Vol. 17. – Pp. 243–265.
41. Trusov N.A. Development of the Seed-cones *Taxus canadensis* in Culture (Tsytsin Main Botanical Garden RAS, Moscow, Russia) // Botanica Pacifica. – 2022. – Vol. 11, № 1. – Pp. 74–82. DOI: 10.17581/bp.2022.11115.

MORPHOLOGY-ANATOMICAL STRUCTURE, SIZE-WEIGHT CHARACTERISTICS, DRY MATTER ACCUMULATION IN FRUCTIFICATIONS OF *TAXUS* L. INTRODUCED IN THE MOSCOW REGION, RUSSIA

N.A. TRUSOV¹, E.V. SOLOMONOVA², I.A. SAVINOV²

(¹N.V.Tsitsin's Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences;

²Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy)

Many plants that are potential producers of medicinal substances, including antitumor substances, are used in landscaping. Taxus L. is one of the such plants. Their fructifications are not only medicinal, but also edible. The aim of the article is to identify of the most promising species of yews for accumulation of dry matter in arils and seeds, as the medicinal and food plants, in the conditions of Moscow region. Morphology-anatomical structure of fructifications of three yew species was studied: T. baccata, T. × media and T. canadensis, their size-weight characteristics and dry matter content were revealed. The fructifications of the studied species are morphologically similar to each other. The fructifications, arils and seeds of T. × media and T. baccata are larger than those of T. canadensis, have a high mass and air-dry matter content. The total dry matter content in fructifications of T. baccata is 32%, in T. × media – 35%, in T. canadensis – 63%; seeds account for 7%, 8% and 45%, respectively, and arils – 25%, 27% and 18%. Based on the dry matter content of fructifications and/or seeds, T. canadensis seems to be more promising among the species studied. If edible aril is considered as a part of the fructification that is promising for food use, T. baccata and T. × media may be favoured.

Key words: yew, Taxus baccata, T. × media, T. canadensis, fructifications, seeds, arils, morphology-anatomical structure, size-weight characteristics, dry matter content, medicinal and food plants.

References

1. Barkalov V.Yu. *Flora of the Kuril Islands*. Vladivostok, Russia: Dalnauka, 2009:466. (In Russ.)
2. Bobrov A.V. *Comparative morphology and anatomy of seeds of representatives of the orders Podocarpaceae, Cephalotaxales and Taxales (Gymnospermae) in relation to their systematics and phylogeny*: CSc (bio) thesis. Moscow, Russia: MGU, 1997:24. (In Russ.)
3. Savinov I.A., Solomonova E.V., Embaturova E.Yu., Nozdrina T.D. *Botany. Taxonomy of plants and fungi. Manual: a textbook for universities*. St. Petersburg, Russia: Lan', 2022:84. (In Russ.)
4. Savinov I.A., Solomonova E.V., Trusov N.A., Simakov G.A. Botanical evaluation of medicinal potential of bittersweets (*Celastrus* L.). *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2022;1(6):13–30. (In Russ.) <https://doi.org/10.26897/0021-342X-2022-6-13-30>
5. Trusov N.A., Morozova M.Yu., Yatsenko I.O., Mikheeva S.V. et al. Cultivation potential for Blue Bean Tree (*Decaisnea fargesii* Franch.; Lardizabalaceae R.Br.) in the Moscow region. *Bulletin of KSAU*. 2022;8(185):72–83. (In Russ.) <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2022-8-72-83>
6. *Woody plants of N.V. Tsitsin's Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences: 60 years of introduction*. Ed. by A.S. Demidov. Moscow, Russia: Nauka, 2005:586. (In Russ.)
7. Ermakov A.I., Arasimovich V.V., Smirnova-Ikonnikova M.I., Murri I.K. *Methods of biochemical research of plants*. Moscow, USSR: Gosudarstvennoe izdatelstvo selskokhozyatstvennoy literatury, 1952:520. (In Russ.)

8. Zaytsev G.N. *Mathematics in experimental botany*. Moscow, USSR: Nauka, 1990:423. (In Russ.)
9. *Catalog of woody plants grown in APPM nurseries*. Ed. by M. Akhmechet. Moscow, Russia: APPM, 2017:432. (In Russ.)
10. Kobuzov G.M. Muratova, E.N. *Modern gymnosperms*. Leningrad, USSR: Nauka, 1986:191. (In Russ.)
11. Kolomiets N.E., Mar'in A.A. Family Taxaceae S.F. Gray.: composition of metabolites, pharmacological properties, preparations. *Khimija rastitel'nogo syr'ja*. 2024;3:28–48. (In Russ.) <https://doi.org/10.14258/jcprm.20240313382>
12. Komarov V.L. Genus 37. Yew – *Taxus* L. In: *Flora of the USSR*, vol. I. Ed. by V.L. Komarov. Leningrad, USSR: Izdatelstvo Akademii nauk SSSR, 1934:131–133. (In Russ.)
13. Koropachinskiĭ I.Yu. Yew Family – Taxaceae S.F. Gray. In: *Vascular plants of the Soviet Far East. Vol. 4. Ed. by S.S. Kharkevich*. Leningrad, USSR: Nauka, 1989:24–25. (In Russ.)
14. *Red Book of the Russian Federation (plants and mushrooms)*. Ed. by Yu.P. Trutnev et al. Moscow, Russia: Tovarishestvo nauchnykh izdaniy KMK, 2008:885. (In Russ.)
15. Medicinal plants. *Khimiko-farmatsevticheskii zhurnal*. (In Russ.) URL: <http://chem.folium.ru/index.php/chem/article/view/606/606>
16. Malinkina E.V., Kislukhina O.V., Rumyantsev V.Yu. Juicy fruits of wild and cultivated plants as raw material for vitaminised oils production. *Mezhdunarodniy simpozium 'Novye i netraditsionnye rasteniya i perspektivy ikh ispolzovaniya'*. June 20–24, 2001. Moscow-Pushchino, Russia: Peoples' Friendship University of Russia (RUDN), 2001:532–534. (In Russ.)
17. Cheryatova Yu.S., Yembaturova E.Yu., Solomonova E.V., Monakhos S.G. Morphometric characteristics of rape (*Brassica napus* L.) Seedpods. *Natural and Technical Sciences*. 2023;8(183):85–87. (In Russ.)
18. Solomonova E.V., Trusov N.A., Morozova M.Yu., Nozdrina T.D. Morphometrie and weight characteristics of exotic edible fruit *Decaisnea fargesii* Franch. (Lardizabalaceae R.Br.), growing in the conditions of moscow region. *Sotsialno-ekologicheskie tekhnologii*. 2020;10(3):249–264. (In Russ.) <https://doi.org/10.31862/2500-2961-2020-10-3-249-264>
19. Lebedeva D.D., Trusov N.A., Solomonova E.V. et al. Prospects of the use of coniferous plants of the Moscow region as a source of biosafy of asorbine acid. *Vestnik Kurskoy gosudarstvennoy selskokhozyaystvennoy akademii*. 2018;8:31–35. (In Russ.)
20. Nozdrina T.D., Trusov N.A., Solnyshkova A.A., Solomonova E.V. *Obshcheuniversitetskaya nauchnaya konferentsiya molodykh uchonykh i spetsialistov 'Den nauki'*. April 01–30, 2016. Moscow, Russia: Moscow State Univetsity of Food Production, 2016:81–82. (In Russ.)
21. Savinov I.A., Solomonova E.V., Trusov N.A., Simakov G.A. Productivity of leaf mass of *Celastrus orbiculatus* Thunb. (Celastraceae) in the conditions of the Moscow region. *Bulletin of KGAU*. 2022;12:49–52. (In Russ.) <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2022-12-49-53>
22. *Plant resources of Russia and neighboring countries*. Ed. by A.L. Budancev. Part I: Families Lycopodiaceae – Ephedraceae, Part II. Supplements to Volumes 1–7. St. Petersburg, Russia: Mir i sem'ya, 1996:38–40. (In Russ.)
23. Sozonova L.I., Trusov N.A., Solomonova E.V. On classification and nomenclature of fleshy fruits. *Byulleten Glavnogo botanicheskogo sada*. 2012;3(198):65–67. (In Russ.)

24. Savinov I.A., Trusov N.A., Solomonova E.V., Nozdrina T.D. Structure, morphogenesis and evolutionary transformation of winged fruits in representatives of the family Celastraceae R.Br. *Turczaninowia*. 2015;18(1):60–66. (In Russ.) <https://doi.org/10.14258/turczaninowia.18.1.7>
25. *Taxoid drugs*. Medical Encyclopaedia. (In Russ.) URL: <http://www.med-dic.ru/html-med/t/taksoidn3e-preparat3.html>
26. Toxicology of poisonous plants. *Agricultural electronic library of knowledge*. (In Russ.) URL: <http://www.cnsb.ru/AKDiL/0045/base/k0260026.shtm>
27. Trusov N.A. Aril morphological nature and its functions in some *Aristolochia*, *Asarum*, *Celastrus*, *Euonymus*, *Euphorbia*, *Viola* and *Taxus*. *Turczaninowia*. 2016;19(3):106–114. (In Russ.) <https://doi.org/10.14258/turczaninowia.19.3.7>
28. Ukhanov V.V. Genus *Taxus* L. – Yew. In: *Trees and shrubs of the USSR: wild-growing, cultivated and promising for introduction*. Ed. by S.Ya. Sokolov B.K. Shishkin. Moscow-Leningrad, USSR: Izdatelstvo Akademii nauk SSSR, 1949; I:19–31. (In Russ.)
29. Bierhorst D.W. *Morphology of Vascular Plants*. New York, USA: Macmillan Co, 1971:566.
30. DiFazio S.P. *The Reproductive Ecology of Pacific Yew (Taxus brevifolia Nutt.) under a Range of Overstory Conditions in Western Oregon*: A Thesis submitted to Oregon State University in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science. Oregon, USA: Oregon State University, 1996:178.
31. Dorken V.M., Nimsch H., Rudall P.J. Origin of the Taxaceae Aril: Evolutionary Implications of Seed-Cone Teratologies in *Pseudotaxus chienii*. *Annals of Botany*. 2019;123:133–143.
32. Dupler A.W. Ovuliferous Structures of *Taxus canadensis*. *Botanical Gazette*. 1920;69:492–520.
33. English Yew – *Taxus baccata*. *Medicinal Plants of the Northeast*. URL: http://www.bio.brandeis.edu/fieldbio/medicinal_plants/pages/English_Yew.htm
34. Solomonova E.V., Nozdrina T.D., Trusov N.A. et al. Food Potential of Alternative Pome Fruit Trees Cultivated in Moscow Region. *Scientific Study and Research: Chemistry and Chemical Engineering, Biotechnology, Food Industry*. 2019;20(4):597–607.
35. Howe H.F., Westley L.C. Ecology of Pollination and Seed Dispersal. In: *Plant Ecology*. M.I. Crawley (Ed.). Oxford, England; Blackwell Scientific Publications, 1986:185–215.
36. Solomonova E.V., Trusov N.A., Nozdrina T.D. Search for alternative plant raw materials for food industry and environmentally safe animal breeding. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2021;16(1):18–29. <https://doi.org/10.22363/2312-797X-2021-16-1-18-29>
37. Suszka B. Generative and Vegetative Reproduction. In: *The Yew – Taxus baccata L. (Cis pospality)*. H. Markewicz (Transl.). Springfield, VA: National Technical Information Service, 1975:87–102.
38. *Taxus canadensis* Marshall. *Flora of North America*. URL: http://www.efloras.org/florataxon.aspx?flora_id=1&taxon_id=233501254
39. Tekol Y. The Medieval Physician Avicenna Used an Herbal Calcium Channel Blocker, *Taxus baccata* L. *Phytotherapy Research*. 2007;21(7):701–702.
40. Tittensor R.M. Ecological History of Yew *Taxus baccata* L. in Southern England. *Biol. Cons.* 1980;17:243–265.
41. Trusov N.A. Development of the Seed-cones *Taxus canadensis* in Culture (Tsytsin Main Botanical Garden RAS, Moscow, Russia). *Botanica Pacifica. A journal of plant science and conservation*. 2022;11(1):74–82. <https://doi.org/10.17581/bp.2022.11115>

Сведения об авторах

Трусов Николай Александрович, канд. биол. наук, старший научный сотрудник лаборатории дендрологии ГБС им. Н.В. Цицина РАН; 127276, Российская Федерация, г. Москва, Ботаническая ул., 4; e-mail: n-trusov@mail.ru; тел.: (917) 525–77–68

Соломонова Екатерина Владимировна, канд. биол. наук, доцент, доцент кафедры ботаники, селекции и семеноводства садовых растений, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Российская Федерация, г. Москва, Тимирязевская ул., 49; e-mail: solomonova@rgau-msha.ru; тел.: (903) 173–55–54

Савинов Иван Алексеевич, д-р биол. наук, доцент, профессор кафедры ботаники, селекции и семеноводства садовых растений, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Российская Федерация, г. Москва, Тимирязевская ул., 49; e-mail: savinovia@mail.ru; тел.: (906) 032–73–04

Information about the authors

Nikolay A. Trusov, CSc (Bio), Senior Research Associate at the Laboratory of Dendrology, N.V. Tsitsin's Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences (4 Botanicheskaya St., Moscow, 127276, Russian Federation); phone: (917) 525–77–68; e-mail: n-trusov@mail.ru

Ekaterina V. Solomonova, CSc (Bio), Associate Professor, Associate Professor at the Department of Botany, Breeding and Seed Production of Horticultural Crops, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation); phone: (903) 173–55–54; e-mail: solomonova@rgau-msha.ru

Ivan A. Savinov, DSc (Bio), Associate Professor, Professor of the Department of Botany, Breeding and Seed Production of Horticultural Crops, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russian Federation); phone: (906) 032–73–04; e-mail: savinovia@mail.ru

КАЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ГИБРИДНЫХ ФОРМ СМОРОДИНЫ ЧЕРНОЙ (*RIBES NIGRUM* L.) БАШКИРСКОЙ СЕЛЕКЦИИ

Р.А. НИГМАТЗЯНОВ^{1,2}, В.Н. СОРОКОПУДОВ³

(¹Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ

²Башкирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства УФИЦ РАН

³Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений)

*Представлена качественная оценка выделенных гибридных форм смородины черной (*Ribes nigrum* L.) селекции Башкирского научно-исследовательского института сельского хозяйства УФИЦ РАН на потенциальную и стабильную урожайность, а также по устойчивости к патогенам и вредителям. Выявлено, что гибридные формы различаются разнообразием признаков и выделены как источники хозяйственно-ценных признаков для дальнейшего использования в селекционной работе. При анализе гибридных семей выявлено, что в комбинациях Караидель × Валовая, Валовая × Бредторп, Чишма × смесь пыльцы, Валовая × Чишма получено более продуктивное потомство, а наибольшая средняя урожайность за 5 лет у гибридных форм 15–19 и 3–42 составила 15,0–15,2 т/га. По крупноплодности со средней массой ягод более 2,5 г выделились сортообразцы 1–9–99, 7–36, 1–9–92, 1–9–91, 1–9–102, 3–26. Выделенные формы имеют крупные ягоды с максимальной массой до 3,0–4,5 г, сорта Валовая (контроль) – до 2,5 г. Наиболее устойчивыми к антракнозу являются гибридные формы 5–19, А-4, А-9, А-10, А-12, А-22, А-6, 1–9–66, 1–9–88, 1–7–86, 3–42, 3–46, 3–48, 7–36, 10–14; наиболее устойчивы к тле – 3–22, 5–11, 4–16, 1–9–99, 3–46, 3–42, 3–48, 10–14, 10–241; наиболее высокоурожайные – 3–22, 5–11, А-10, А-12, 5–21, 1–9–102, 1–6–82, 1–7–86, 15–19, 15–54, 3–42, 3–56, 3–46, 7–15, 7–36, 7–44, 7–57, 11–24, 11–26, 11–54, 10–250, 10–251.*

Ключевые слова: *Ribes nigrum*, селекция, гибридная форма, урожайность, устойчивость, антракноз, тля.

Введение

На современном этапе развития садоводства в России требуются новые сорта смородины черной с высокой урожайностью, крупноплодностью и высокими вкусовыми качествами ягод, а также устойчивостью к биотическим и абиотическим стрессам. Основным методом в селекционной работе смородины остается внутривидовая и отдаленная гибридизация с привлечением сортов различного экотипа с целью обогащения наследственных признаков. Этим методом в России выведено много новых сортов, которые составляют основу стандартного сортимента [1–6].

По результатам первичного сортоизучения для использования в селекции в качестве исходных форм выделены сорта: Бредторп, Память Мичурина, Венера, Валовая, Караидель, Чишма, Кушнаренковская. С целью выведения новых сортов проводится скрещивание с использованием вышеназванных сортов. По многолетним данным, по комплексу хозяйственно-ценных признаков в Башкирском НИИСХ УФИЦ РАН выделены отборные и перспективные формы смородины черной, выращиваемые на участке первичного сортоизучения [7, 8].

Цель исследований: изучение гибридных форм смородины черной башкирской селекции на устойчивость к болезням и вредителям и отбор перспективных образцов высокой урожайности.

Материал и методы исследований

Исследования выполнялись в полевых условиях на участках первичного изучения и коллекционно-селекционного участка смородины Кушнаренокского селекционного центра по плодово-ягодным культурам и винограда Башкирского НИИСХ УФИЦ РАН (с. Кушнареново, Республика Башкортостан) площадью 1,4 га (рис. 1). Территория расположена в лесостепной зоне с умеренно континентальным климатом (незначительно засушливый). Почва – выщелоченный чернозем средней мощности, среднесуглинистый.

Климат Башкирского Предуралья характеризуется нестабильностью вегетационного периода по годам, суммой осадков и температурой воздуха. Благоприятные периоды чередуются с засушливыми и жаркими. Вегетационный период 2020 г. характеризовался частыми и обильными осадками (280 мм), нестабильным температурным режимом (+17,3°C) с преобладанием повышенного и благоприятными условиями. 2021 г. отмечен продолжительной засухой – 69% осадков от нормы. Температура воздуха в период с мая по август превысила средние многолетние значения на 1,9...5,5°C. Сложившиеся условия отрицательно повлияли на среднюю массу ягод и дифференциацию плодовых почек смородины. В 2022 г. температура была ниже нормы на 1,3...2,5°C. Сумма осадков оказалась выше среднеемноголетних значений. Наступившая засуха с июля по август сопровождалась дефицитом осадков (9,5 мм) на фоне аномально высоких температур (табл. 1).

В качестве объектов исследований изучали смородины черной (*Ribes nigrum* L.) посадки 2012 г., среди которых 52 гибридные формы селекции Башкирского НИИСХ УФИЦ РАН (1–7–86, 1–9–66, 1–9–73, 1–9–76, 1–9–80, 1–6–82, 1–9–84, 1–9–86, 1–9–88, 1–9–91, 1–9–92, 1–9–99, 1–9–102, 3–22, 3–26, 3–42, 3–46, 3–48, 3–49, 3–51, 3–55, 3–56, 5–3, 4–12, 4–15, 4–16, 4–48, 5–10, 5–11, 5–19, 5–21, 7–15, 7–28, 7–36, 7–44, 7–57, 10–14, 10–241, 10–250, 10–251, 11–24, 11–26, 11–54, 15–19, 15–54, А-4, А-6, А-8, А-9, А-10, А-12, А-22) и сорт Валовая (контрольный вариант). Схема посадки – 3×1 м, 5–10 растений на учетной делянке. Повторность опыта – 3-кратная.



Рис. 1. Коллекционно-селекционный участок смородины Кушнаренокского селекционного центра Башкирского НИИСХ УФИЦ РАН

**Характеристика метеорологических условий
вегетационных периодов 2018–2022 гг. на территории
Кушнаренковского селекционного центра Башкирского НИИСХ УФИЦ РАН
(по данным гидрометеорологической станции с. Кушнаренково)**

№	Год исследований	Среднесуточная температура воздуха, °С					Среднемесячное количество осадков, мм				
		апрель	май	июнь	июль	август	апрель	май	июнь	июль	август
1	2018	6,0	14,6	18,8	18,7	18,6	48,2	37,0	59,7	33,1	42,5
2	2019	3,6	14,0	18,2	19,1	17,3	6,2	54,4	49,7	25,3	73,7
3	2020	6,0	14,1	16,2	22,0	17,1	30,2	44,3	83,6	76,5	60,2
4	2021	7,5	18,8	21,0	21,1	22,0	26,8	7,7	33,7	24,2	2,6
5	2022	6,9	10,7	16,4	20,7	20,6	24,0	36,0	52,0	90,5	0,0

Для оценки степени распространения болезней и вредителей, анализа урожайности при проведении полевых учетов руководствовались положениями методики по сортоизучению плодовых, ягодных и орехоплодных культур [9]. Оценку степени поражения вредителями и болезнями проводили с использованием следующей шкалы: 0 баллов – признаков поражения нет; 1 балл – повреждены единичные листья; 2 балла – повреждено до 10% листьев; 3 балла – повреждено до 30% листьев; 4 балла – повреждено 30–50% листьев; 5 баллов – повреждено более 50% листьев или листья полностью осыпались.

Важным показателем селекционного отбора является урожайность культуры. В период изучения с 2018 по 2022 гг. сортообразцы смородины черной были оценены по хозяйственно-ценным признакам [10, 11].

Статистическую обработку результатов выполняли с использованием программного обеспечения Snedecor. Оценку достоверности полученных данных проводили в соответствии с общепринятыми методиками с помощью критерия Фишера (F-критерий) и наименьшей существенной разности на 5%-ном уровне значимости ($НСР_{05}$) [12].

Результаты и их обсуждение

При выведении новых сортов ягодных культур основными требованиями, предъявляемыми к хозяйственно-биологическим признакам, являются высокая зимостойкость, урожайность и качество продукции, устойчивость к вредителям и болезням, высокий уровень рентабельности при возделывании культуры [13].

Метеорологические условия в годы исследований были благоприятными для перезимовки, а в вегетационный период способствовали распространению патологического процесса и заражению растений смородины черной.

В агроэкологических условиях Башкирского Предуралья среди комплекса фитопатогенов на смородине черной широко распространенным является антракноз (*Pseudopeziza ribis* Kleb.). В течение лета болезнь распространяется конидиями и поражает в основном листья, на которых образуются мелкие (1 мм в диаметре) бурые пятна. В центре пятна закладывается конидиальное спороношение в виде подушечки или ложа. При созревании ложе разрывает эпидермис, вышедшие на поверхность пятна конидии образуют мелкие светлые бугорки, состоящие из спор [14]. При дожде конидии смываются с листа и заражают новые листья. Возбудитель антракноза заражает только хорошо развитые листья в возрасте 25–30 дней и старше. Поэтому развитие болезни начинается с более старых нижних листьев. Первые признаки болезни проявляются в 1–2 декадах июня, а массового развития патоген достигает к концу июля [15–18].

В таблице 2 представлена качественная оценка устойчивости смородины черной к вредителям и болезням. Учет растений производился визуально по деланке в трех повторностях в полевых условиях, в течение всего вегетационного фона: первый – весной перед распусканием почек; второй – до цветения; третий – до и после сбора урожая.

Интенсивность поражения заболеванием за годы исследований в среднем составила 1,07 балла с колебаниями по сортообразцам 0,2...2,4 балла, максимальное поражение достигало 3 баллов. Эпифитотийными по развитию антракноза были 2021 и 2022 гг.

В последние годы наиболее распространенным вредителем на ягодных культурах отмечена тля. При оценке селекционных форм по устойчивости к данному вредителю не выявлено высокоустойчивых образцов со степенью повреждения 0 баллов. У гибридных форм 3–22, 5–11, 4–16, 1–9–99, 3–46, 3–42, 3–48, 10–14, 10–241 максимальная степень повреждения тлей за время изучения не превысила 1 балла, что говорит об их устойчивости к нему (табл. 2).

Как следует из данных таблицы 2, все гибриды особенно устойчивы к огневке: значения оценки их устойчивости к болезням и вредителям не превышали 1 балла.

Учет показателей образцов показал незначительную изменчивость, что говорит о стабильности их плодоношения в период изучения. Средней урожайностью 12,0 т/га и более характеризуются 22 формы, где в качестве материнских форм использованы в гибридизации сорта в следующих комбинациях скрещиваний: Валовая × Венера (№ А-10, № А-12); Валовая × Бредторп (№ 3–42, № 3–56, № 3–46); Алтайская десертная × смесь пыльцы (№ 10–250, № 10–251); Валовая × Караидель (№ 3–26, № 5–11); Караидель × Валовая (№ 5–21, № 1–9–102, № 1–6–82, № 1–7–86); Валовая × смесь пыльцы (№ 15–19, № 15–54); Чишма × смесь пыльцы (№ 7–36, № 7–44, № 7–57); Валовая × Чишма (№ 11–24, № 11–26, № 11–54) (табл. 3).

При анализе гибридных семей выявлено, что в перечисленных выше комбинациях Караидель × Валовая, Валовая × Бредторп, Чишма × смесь пыльцы, Валовая × Чишма получено более продуктивное потомство, а наибольшая средняя урожайность за 5 лет у гибридных форм № 15–19 и № 3–42 составила 15,0–15,2 т/га.

По крупноплодности со средней массой ягод более 2,5 г выделились сортообразцы № 1–9–99, № 7–36, № 1–9–92, № 1–9–91, № 1–9–102, № 3–26. У выделенных форм ягоды крупные, их максимальная масса достигала 3,0...4,5 г (рис. 2), тогда как у контрольного сорта Валовая средняя масса составила 1,5 г, максимальная – 2,5 г.

Таблица 2

**Качественная оценка степени устойчивости гибридных форм
смородины черной к болезням и вредителям (2018–2022 гг.)**

№ п/п	Номер гибридной формы	Антракноз (<i>Pseudopeziza ribis</i> Kleb.)					Красногалловая тля (<i>Capitophorus ribis</i> L.)					Огневка крыжовниковая (<i>Zophodiaconvolutella</i> Hb.)				
		2018	2019	2020	2021	2022	2018	2019	2020	2021	2022	2018	2019	2020	2021	2022
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	3–22	1	0	1	1	2	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0
2	3–26	1	0	1	1	2	1	2	2	2	2	0	1	0	1	0
3	5–11	1	1	1	1	2	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1
4	5–19	0	0	1	1	1	0	2	2	1	1	0	0	0	1	0
5	3–49	1	0	0	0	1	1	2	2	2	1	0	0	0	0	0
6	A-4	0	0	0	0	1	0	1	1	1	2	0	0	0	0	0
7	A-8	1	1	1	1	2	0	1	1	1	2	0	0	0	0	0
8	A-9	0	1	1	1	1	0	1	1	1	2	0	0	0	0	0
9	A-10	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	0	1	0	1	1
10	A-12	0	0	1	1	1	1	1	2	2	2	0	0	0	0	0
11	A-22	0	0	1	1	1	0	2	2	1	2	0	0	0	0	0
12	A-6	0	0	1	1	1	1	1	2	2	2	0	0	0	0	0
13	4–12	1	1	1	1	2	0	1	2	1	1	0	0	0	0	0
14	4–15	1	1	1	1	2	0	1	2	1	1	0	0	0	0	0
15	4–16	1	1	1	1	2	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0
16	4–48	1	1	1	1	2	0	2	1	1	1	0	0	0	0	0
17	5–3	1	1	1	1	2	0	2	2	1	1	0	0	0	0	0
18	5–10	2	1	1	1	3	0	2	2	1	1	0	0	0	0	0
19	5–21	1	1	1	1	2	1	1	2	2	1	0	1	0	0	1
20	1–9–99	1	1	0	0	2	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0
21	1–9–102	0	0	0	0	2	0	1	2	1	2	0	0	0	0	0
22	1–9–80	0	0	1	1	2	0	2	1	1	1	0	0	0	0	0
23	1–9–73	1	1	1	1	2	0	2	2	1	1	0	0	0	0	0
24	1–9–86	1	1	1	1	2	0	1	2	1	2	0	0	0	0	0
25	1–9–91	1	1	1	1	2	1	2	2	1	1	0	0	0	0	0
26	1–9–92	1	1	1	1	2	1	2	2	2	1	0	0	0	1	1

№ п/п	Номер гибридной формы	Антракноз (<i>Pseudopeziza ribis</i> Kleb.)					Красногалловая тля (<i>Capitophorus ribis</i> L.)					Огневка крыжовниковая (<i>Zophodiaconvolutella</i> Hb.)				
		2018	2019	2020	2021	2022	2018	2019	2020	2021	2022	2018	2019	2020	2021	2022
27	1–9–76	1	1	1	1	2	1	2	2	2	1	0	0	0	0	0
28	1–6–82	1	1	1	1	2	1	2	2	1	1	0	0	0	0	0
29	1–9–84	1	1	1	1	2	1	2	2	1	1	0	0	0	0	0
30	1–9–66	0	0	1	1	1	1	1	2	1	1	0	0	0	0	0
31	1–9–88	0	0	1	1	1	1	1	2	1	1	0	0	0	0	0
32	1–7–86	0	0	0	0	1	1	1	2	1	1	0	1	0	0	1
33	15–19	1	1	1	1	2	1	2	2	1	1	0	0	0	0	0
34	15–54	1	1	1	1	2	1	2	2	1	1	0	0	0	0	0
35	3–51	2	1	1	1	3	1	2	2	2	1	0	0	0	0	0
36	3–55	1	1	1	1	2	1	1	2	2	1	0	0	0	0	0
37	3–42	0	0	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0
38	3–56	1	1	1	2	2	0	1	2	1	2	0	0	0	0	0
39	3–46	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	1
40	3–48	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0
41	7–15	1	1	1	2	2	0	2	1	1	1	0	1	0	1	1
42	7–28	1	1	1	2	2	0	2	1	1	1	0	0	0	0	0
43	7–36	0	0	0	1	1	0	2	1	1	1	0	1	0	0	1
44	7–44	0	0	0	1	2	0	2	1	1	1	0	0	0	0	0
45	7–57	1	1	1	1	2	0	2	1	1	1	0	0	0	0	0
46	11–24	1	1	1	2	2	0	1	2	0	1	0	0	0	0	0
47	11–26	0	0	0	1	2	0	1	2	0	1	0	0	0	0	0
48	11–54	0	0	0	1	2	0	1	2	0	1	0	0	0	0	0
49	10–14	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0
50	10–241	2	1	1	2	2	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0
51	10–250	1	1	1	2	3	0	2	2	1	2	0	0	0	0	0
52	10–251	2	2	2	2	3	0	2	2	1	1	0	1	0	1	1
53	Валовая (контроль)	2	2	2	2	3	0	2	2	1	2	0	1	0	1	1
Нср (5%) = 0,81							Нср (5%) = 0,81					Нср (5%) = 0,3				
F-критерий = 2,33							F-критерий = 1,41					F-критерий = 4,14				

Урожайность гибридных форм смородины черной

№	Селекционный номер	Происхождение	Урожайность по годам, т/га					
			2018	2019	2020	2021	2022	Среднее за 5 лет
1	3–22	Валовая × Караидель	11,3	11,3	11,3	11,3	11,0	11,2
2	3–26		13,3	13,6	13,3	11,7	11,7	12,7
3	5–11		11,0	18,7	8,3	12,7	11,7	12,4
4	5–19		10,0	10,0	10,0	12,7	12,0	10,9
5	3–49		8,3	9,7	11,7	11,7	11,3	10,5
6	A-4	Валовая × Венера	8,3	9,7	11,7	10,0	10,3	10,0
7	A-8		8,3	9,7	11,7	10,0	10,7	10,0
8	A-9		10,0	11,3	11,7	11,3	11,3	11,1
9	A-10		10,0	12,7	14,0	12,7	12,7	12,4
10	A-12		12,0	12,7	13,3	13,3	11,7	12,1
11	A-22		11,0	12,0	12,7	11,0	11,0	11,5
12	A-6		10,0	12,0	13,3	11,3	11,3	11,6
13	4–12	Караидель × Валовая	10,0	11,3	10,0	11,3	11,3	10,8
14	4–15		10,0	11,3	10,7	10,7	10,7	10,7
15	4–16		7,8	9,5	15,0	11,3	14,3	11,6
16	4–48		10,0	11,3	12,7	12,7	12,7	11,9
17	5–3		10,0	12,3	10,0	12,3	12,3	11,4
18	5–10		7,7	8,7	10,0	12,3	12,3	10,2
19	5–21		10,7	12,5	12,7	11,7	15,3	12,6
20	1–9–99		12,0	12,0	11,0	11,7	12,0	11,7
21	1–9–102		12,0	12,0	18,3	13,3	13,3	13,8
22	1–9–80		12,0	11,2	12,0	11,7	11,7	11,7
23	1–9–73		11,3	11,3	11,7	11,3	11,3	11,4
24	1–9–86		11,7	11,7	11,7	11,3	11,3	11,5
25	1–9–91		10,3	10,3	10,3	11,0	11,7	10,7
26	1–9–92		13,0	12,2	10,0	11,0	12,0	11,6
27	1–9–76		7,3	8,6	12,3	10,7	11,7	10,1

№	Селекционный номер	Происхождение	Урожайность по годам, т/га					
			2018	2019	2020	2021	2022	Среднее за 5 лет
28	1–6–82		12,0	11,3	15,0	11,3	11,3	12,2
29	1–9–84		12,0	11,1	12,0	11,7	11,7	11,7
30	1–9–66		12,0	11,2	9,3	11,3	11,3	11,0
31	1–9–88		7,5	9,5	16,7	11,7	11,7	11,4
32	1–7–86		12,3	12,3	15,0	12,3	12,3	14,6
33	15–19	Валовая × смесь пыльцы	13,3	13,3	16,7	13,3	18,3	15,0
34	15–54		12,3	12,3	14,3	12,3	15,7	13,4
35	3–22	Валовая × Бредторп	10,0	11,0	12,0	10,0	11,0	10,8
36	3–55		8,3	9,6	8,3	11,7	10,7	9,7
37	3–42		15,0	17,3	15,0	11,3	17,3	15,2
38	3–56		12,0	15,0	15,3	12,0	11,3	13,1
39	3–46		13,0	13,3	11,7	11,7	15,7	13,1
40	3–48		5,8	7,5	10,3	10,7	12,7	9,4
41	7–15		11,7	13,3	13,3	12,7	11,7	12,5
42	7–28		10,3	11,7	10,3	13,0	11,7	11,4
43	7–36	Чишма × смесь пыльцы	11,7	15,0	15,9	11,7	18,3	14,5
44	7–44		10,7	14,0	14,0	10,7	15,0	12,9
45	7–57		12,0	14,3	14,3	12,0	11,7	12,8
46	11–24	Валовая × Чишма	12,7	17,7	18,7	12,7	11,7	14,7
47	11–26		12,0	12,7	11,7	12,7	12,0	12,2
48	11–54		11,7	13,3	11,7	13,3	11,7	12,3
49	10–14		10,7	11,7	11,7	10,7	11,7	11,3
50	Валовая	Крупная × Бредторп + + Хлудовская	10,0	8,9	7,7	11,7	10,0	9,7
51	10–241	Алтайская десертная × × смесь пыльцы	10,0	12,7	10,0	12,7	12,7	11,6
52	10–250		12,3	16,0	16,0	12,7	12,7	14,0
53	10–251		12,7	13,3	13,3	12,0	11,7	12,6
НСР (5%) = 1,4								

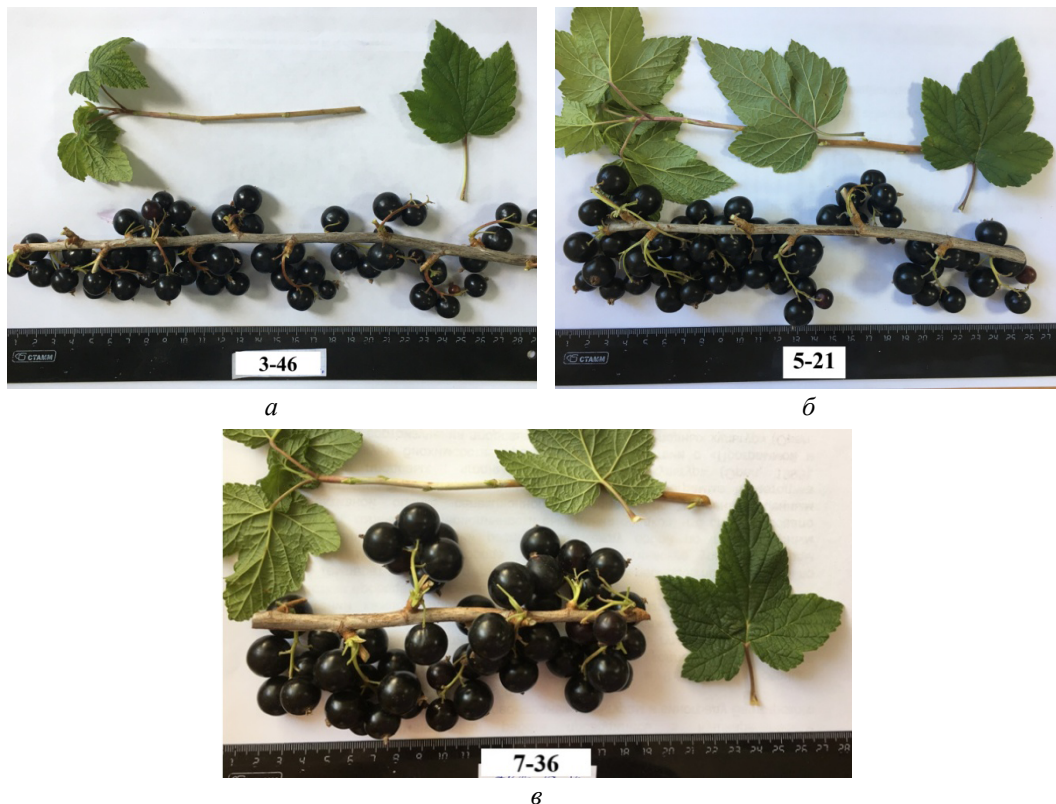


Рис. 2. Гибридные формы смородины черной селекции Башкирского НИИСХ УФИЦ РАН:
а – 3–46; б – 5–21; в – 7–36

Выводы

В общей системе мер, направленных на снижение распространения болезней, имеет значение повышение иммунитета у растений смородины черной. Создание новых сортов, обладающих повышенной устойчивостью к вредным организмам, представляется наиболее эффективным методом. Создание таких сортов позволит ограничить применение химикатов, снизить производственные затраты, а также защитить агроценозы.

Выделены источники хозяйственно-ценных признаков для дальнейшего использования в селекционной работе гибридных форм с номерами:

по устойчивости к антракнозу: 5–19, А-4, А-9, А-10, А-12, А-22, А-6, 1–9–66, 1–9–88, 1–7–86, 3–42, 3–46, 3–48, 7–36, 10–14;

по устойчивости к тле: 3–22, 5–11, 4–16, 1–9–99, 3–46, 3–42, 3–48, 10–14, 10–241;

по урожайности: 3–22, 5–11, А-10, А-12, 5–21, 1–9–102, 1–6–82, 1–7–86, 15–19, 15–54, 3–42, 3–56, 3–46, 7–15, 7–36, 7–44, 7–57, 11–24, 11–26, 11–54, 10–250, 10–251.

Библиографический список

1. Макаров С.С., Кузнецова И.Б. Влияние внекорневых обработок на процесс побегообразования растений черной смородины на этапе адаптации // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2020. – № 2 (82). – С. 111–114. EDN: TSOLZE.

2. Макаров С.С., Кузнецова И.Б. Влияние цитокининов на процесс побегообразования растений черной смородины на этапе «собственно микроразмножение» // Вестник Бурятской ГСХА имени В.Р. Филиппова. – 2020. – № 2 (59). – С. 175–179. DOI: 10.34655/bgsha.2020.59.2.024. EDN: XEARRQ.
3. Нигматзянов Р.А., Сорокопудов В.Н. Перспективы селекции смородины черной по качеству ягод в условиях Башкирского Предуралья // Вестник КрасГАУ. – 2020. – № 1. – С. 34–39. DOI: 10.36718/1819-4036-2020-1-34-39. EDN: QPPKNV.
4. Сорокопудов В.Н., Назарюк Н.И., Нигматзянов Р.А. Черная смородина – золотой клад в саду // Аграрный сектор – 2020. – № 2. – С. 124–128.
5. Нигматзянов Р.А., Сорокопудов В.Н. Создание сортов смородины черной в Республике Башкортостан // Питомник и частный сад. – 2020. – № 2. – С. 20–24.
6. Свидетельство о регистрации базы данных RU2023624731. Биоресурсная коллекция рода *Ribes* (Смородина черная) / С.С. Макаров, А.И. Чудецкий, А.Е. Мацнева, О.Е. Ханбабаева, В.Н. Сорокопудов; заявл. 05.12.2023; Опубл. 19.12.2023.
7. Абдеева М.Г., Демина Т.Г., Шафилов Р.А. и др. Садоводство в Башкортостане: Монография / М.Г. Абдеева, Т.Г. Демина, Р.А. Шафилов, Х.Н. Фазлиахметов, Н.В. Майстренко, В.М. Зарипова. – Уфа, 2012. – 140 с.
8. Нигматзянов Р.А., Сорокопудов В.Н. Селекция смородины черной Башкирского НИИСХ УФИЦ РАН // Современные научно-практические решения в области растениеводства, животноводства и сельскохозяйственной микробиологии: Сборник материалов Международной научно-практической конференции, посвященной 120-летию почетного академика АН Республики Башкортостан С.А. Кунакбаева (г. Уфа, 7–9 июля 2021 г.). – Уфа: Башкирский ГАУ, 2021. – С. 20–25. EDN: JWZEMX.
9. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / Под общ. ред. Е.Н. Седова, Т.П. Огольцовой. – Орел: ВНИИСПК, 1999. – 606 с.
10. Пленкина Г.А. Некоторые результаты селекции и сортоизучения черной смородины в условиях Кировской области // Состояние и перспективы развития ягодоводства в России: Материалы Всероссийской научно-методической конференции. – Орел, 2006. – С. 238–241.
11. Батманова Е.М. Предварительная оценка гибридных сеянцев черной смородины селекции Свердловской селекционной станции садоводства // Актуальные проблемы садоводства России и пути их решения: Материалы Всероссийской научно-методической конференции молодых ученых (г. Орел, 2–5 июля 2007 г.). – Орел: ВНИИСПК, 2007. – С. 9–12.
12. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследования): Учебник. – Изд. 6-е, доп. и перераб. – М.: Альянс, 2011. – 352 с.
13. Габышева Н.С., Сорокопудов В.Н., Протопопова А.В. Селекционная оценка генофонда смородины черной (*Ribes nigrum* L.) по устойчивости к болезням в условиях Якутии // Плодоводство и ягодоводство России. – 2017. – Т. 50. – С. 81–85.
14. Дементьева М.И. Фитопатология: Учебник. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Колос, 1977. – 367 с.
15. Натальина О.Б. Болезни ягодников. – М.: Сельхозиздат, 1963. – 272 с.
16. Зейналов А.С. Атлас-справочник основных вредителей и болезней ягодных культур и мер борьбы с ними – М.: Агролига, 2016. – 232 с.
17. Метлицкий О.З., Зейналов А.С., Головин С.Е. Методические указания по защите маточных насаждений и питомников смородины черной от вредителей и болезней. – М.: ВСТИСП, 2001. – 96 с.

QUALITATIVE ASSESSMENT OF HYBRID FORMS OF BLACKCURRANT (*RIBES NIGRUM* L.) OF BASHKIR BREEDING

R.A. NIGMATZYANOV^{1,2}, V.N. SOROKOPUDOV³

(¹Federal Scientific Agroengineering Center VIM; ²Ufa Branch of the Russian Academy of Sciences;

³All-Russian Research Institute of Medicinal and Aromatic Plants)

The article presents qualitative assessment of the selected blackcurrant hybrids, bred by Ufa Branch of the Russian Academy of Sciences for potential and stable yield and resistance to pathogens and pests. It was found that the hybrids differed in a number of traits and were identified as sources of economically valuable traits for further use in breeding work. When analyzing the hybrid families, it was found that the hybrids of Karaidel and Valovaya, Valovaya and Bred-torp, Chishma and pollen mixture, Valovaya and Chishma produced more productive offspring were obtained, and the highest average yield was from 15.0 to 15.2 t/ha over 5 years in hybrids No. 15–19 and No. 3–42. In terms of large fruit size, with an average berry weight of more than 2.5 grams, the following varieties stood out: 1–9–99, 7–36, 1–9–92, 1–9–91, 1–9–102, 3–26. The selected varieties have large berries with a maximum weight of up to 3.0–4.5 g, while the control variety Valovaya, has a maximum weight of 2.5 g. The most resistant to anthracnose are hybrid forms: 5–19, A-4, A-9, A-10, A-12, A-22, A-6, 1–9–66, 1–9–88, 1–7–86, 3–42, 3–46, 3–48, 7–36, 10–14; the most resistant to aphids: 3–22, 5–11, 4–16, 1–9–99, 3–46, 3–42, 3–48, 10–14, 10–241; highest yield: 3–22, 5–11, A-10, A-12, 5–21, 1–9–102, 1–6–82, 1–7–86, 15–19, 15–54, 3–42, 3–56, 3–46, 7–15, 7–36, 7–44, 7–57, 11–24, 11–26, 11–54, 10–250, 10–251.

Keywords: *Ribes nigrum*, breeding, hybrid form, yield, resistance, anthracnose, aphid

References

1. Makarov S.S., Kuznetsova I.B. The influence of soil foliar tillage on the process of shoot formation of blackcurrant plants at the adaptation stage. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2020;2:111–114. (In Russ.)
2. Makarov S.S., Kuznetsova I.B. The effect of cytokinins on the process of shoot formation of blackcurrant plants at the “proper micropropagation” stage. *Vestnik Buryatskoy GSKHA imeni V.R. Filippova*. 2020;2:175–179. (In Russ.) <https://doi.org/10.34655/bgsha.2020.59.2.024>
3. Nigmatzyanov R.A., Sorokopudov V.N. The prospects of black currant selection for berries’ fruit quality under the conditions of the Bashkir Cis-Urals. *Bulletin of KSAU*. 2020;1:34–39. (In Russ.) <https://doi.org/0.36718/1819-4036-2020-1-34-39>
4. Sorokopudov V.N., Nazaryuk N.I., Nigmatzyanov R.A. Blackcurrant is a golden treasure in the garden. *Agrarnyi sektor*. 2020;2:124–128. (In Russ.)
5. Nigmatzyanov R.A., Sorokopudov V.N. Creation of blackcurrant varieties in the Republic of Bashkortostan. *Pitomnik i chastnyi sad*. 2020;2:20–24. (In Russ.)
6. Makarov S.S., Chudetsky A.I., Matsneva A.E., Khanbabaeva O.E., Sorokopudov V.N. Database registration certificate RU2023624731. Bioresource collection of the genus *Ribes* (Black currant). Declared 05.12.2023; published 19.12.2023. (In Russ.)
7. Abdeeva M.G., Demina T.G., Shafikov R.A., Fazliahmetov H.N., Maistrenko N.V., Zaripova V.M. *Horticulture in Bashkortostan: a monograph*. Ufa, Russia, 2012:140. (In Russ.)
8. Nigmatzyanov R.A., Sorokopudov V.N. Selection of blackcurrant of Ufa Branch of the Russian Academy of Sciences. *Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya, posvyashchennaya 120-letiyu pochetnogo akademika Akademii nauk Respubliki Bashkortostan S.A. Kunakbayeva ‘Sovremennye nauchno-prakticheskie resheniya v oblasti*

- rasteniyevodstva, zhivotnovodstva i selskokhozyaystvennoy mikrobiologii*. July 07–09, 2021. Ufa, Russia: Ufa Branch of the Russian Academy of Sciences, 2021:20–25. (In Russ.)
9. *Program and methodology of varietal study of fruit, berry and nut crops*. E.N. Sedov, T.P. Ogoltsova (Eds). Orel, Russia: VNIISPK, 1999:606. (In Russ.)
10. Plenkina G.A. Some results of breeding and varietal study of blackcurrant in Kirov Region conditions. *Vserossiyskaya nauchno-metodicheskaya konferentsiya 'Sostoyaniye i perspektivy razvitiya yagodovodstva v Rossii'*. June 19–22, 2006. Orel, Russia: Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding, 2006:238–241. (In Russ.)
11. Batmanova E.M. Preliminary evaluation of hybrid blackcurrant seedlings of the Sverdlovsk Breeding Station of Horticulture. *Vserossiyskaya nauchno-metodicheskaya konferentsiya molodykh uchenykh 'Aktualnye problemy sadovodstva Rossii i puti ikh resheniya'*. June 02–05, 2007. Orel: Russia: Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding, 2007:9–12. (In Russ.)
12. Dospekhov B.A. *Methodology of field experiment (with the basics of statistical processing of research results)*: a textbook. 6th ed., updat. and rev. Moscow, Russia: Al'yans, 2011:352. (In Russ.)
13. Gabysheva N.S., Sorokopudov V.N., Protopopova A.V. Plant-breeding estimation of black currant (*Ribes nigrum* L.) gene pool on resistance to diseases in Yakutia conditions. *Pomiculture and Small Fruits Culture in Russia*. 2017;50:81–85. (In Russ.)
14. Dement'eva M.I. *Fitopatologiya*: a textbook. 2d ed., rev. and updat. Moscow, USSR: Kolos, 1977:367. (In Russ.)
15. Natal'ina O.B. *Diseases of berry plants*. Moscow, USSR: Selkhozizdat, 1963:272. (In Russ.)
16. Zeynalov A.S. *Atlas-reference book of the main pests and diseases of berry crops and measures to control them*. Moscow, Russia: Agroliga, 2016:240. (In Russ.)
17. Metlitskiy O.Z., Zeynalov A.S., Golovin S.E. *Guidelines for the protection of black currant nurseries from pests and diseases*. Moscow, Russia: VSTISP, 2001:96. (In Russ.)

Сведения об авторах

Нигматзянов Радмил Асхатович, канд. биол. наук, научный сотрудник, ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»; 109428, Российская Федерация, г. Москва, ул. 1-й Институтский проезд, 5; Башкирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – обособленное структурное подразделение ФГБНУ Уфимский федеральный исследовательский центр РАН; 450059, Российская Федерация, г. Уфа, ул. Рихарда Зорге, 19; e-mail: 79374839931@yandex.ru; тел.: (499) 171–43–49

Сорокопудов Владимир Николаевич, д-р с.-х. наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории Ботанический сад ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений»; 117216, Российская Федерация, г. Москва, ул. Грина, 7; e-mail: sorokopud2301@mail.ru; тел.: (495) 388–55–09

Information about the authors

Radmil A. Nigmatzyanov, CSc (Bio), Research Associate, Federal Scientific Agroengineering Center VIM (5, Perviy Institutskiy Dr., Moscow, 109428, Russian Federation); Ufa Branch of the Russian Academy of Sciences (19 Riharda Zorge St., Ufa, 450059, Russian Federation); phone: (499) 171–43–49; e-mail: 79374839931@yandex.ru

Vladimir N. Sorokopudov, DSc (Ag), Professor, Chief Research Associate at the Laboratory of the Botanical Garden, All-Russian Research Institute of Medicinal and Aromatic Plants (7 Grina St., Moscow, 117216, Russian Federation); phone: (495) 388–55–09; e-mail: sorokopud2301@mail.ru

ВЛИЯНИЕ ЭКЗОГЕННЫХ ФИТОГОРМОНОВ
НА РАЗВИТИЕ СЕМЯЗАЧАТКОВ ПРИ ГИБРИДИЗАЦИИ
SOLANUM LYCOPERSICUM И *SOLANUM SISYMBRIIFOLIUM*

А.В. ВИШНЯКОВА, А.З. МАРТИРОСЯН, А.Д. КОБЯШОВА, С.Г. МОНАХОС

(Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева)

Томат – культура, подверженная большому числу заболеваний, снижающих урожай и качество продукции, что предполагает усовершенствование генетического разнообразия и создание генетически устойчивого сортимента. *Solanum sisymbriifolium* Lam. является источником устойчивости к бактериальному вилту, вертициллезному увяданию, корневым нематодам и карминовым паутинным клещам, фитофторозу. Гибридикация томата и паслена гулявниколистного возможна, но сопряжена со сложностями преодоления пре- и постзиготических барьеров нескрещиваемости. Данная работа посвящена изучению влияния экзогенных фитогормонов зеатина и абсцизовой кислоты на завязываемость плодов и количество развивающихся семязачатков при скрещиваниях *Solanum lycopersicum* × *Solanum sisymbriifolium*. В гибридикации использовали 6 линий томата с функциональной мужской стерильностью и образец паслена гулявниколистного, предоставленные ООО «Селекционная станция имени Н.Н. Тимофеева». Обработку рыльца пестика кастрированных в стадии лимонно-желтого бутона линий томата проводили за 10 мин и 2 ч до опыления растворами зеатина и абсцизовой кислоты (АБК). В результате исследований обнаружена генотип-специфичная реакция на обработку фитогормонами. У двух генотипов томата обработка зеатином в течение 2 ч привела к увеличению завязываемости плодов в 2 раза, кратковременная обработка зеатином также положительно влияла на завязываемость плодов всех генотипов. Обработка АБК имела разнонаправленное влияние на завязываемость плодов: снижение завязываемости плодов наблюдали у генотипа Роз.сон2–6, у генотипа st8 обработка АБК в течение 2 ч привела к отсутствию завязываемости плодов, а при обработке в течение 10 мин плоды завязывались из всех опыленных цветков. Влияние фитогормонов на среднее количество развивающихся семязачатков было существенным у крупноплодных томатов: обработка зеатином увеличивала количество развивающихся семязачатков, реакция на обработку АБК зависела от генотипа и времени обработки. У томатов Черри обработка фитогормонами показала существенный эффект в отношении числа развивающихся семязачатков только у генотипа st8, длительная обработка фитогормонами негативно влияла на количество развивающихся семязачатков, в то время как обработка в течение 10 мин зеатином позволила повысить среднее число развивающихся семязачатков в плоде в 3 раза.

Ключевые слова: томат, паслен гулявниковолистный, отдаленная гибридикация, фитогормоны, зеатин, абсцизовая кислота, завязываемость плодов.

Томат – высоко востребованная овощная культура на мировом рынке, Россия занимает 12-е место в мире по производству этих овощей. Наличие у томата большого количества специфических патогенов, непосредственно снижающих урожай

и качество продукции, предполагает активное создание генетически устойчивого сортимента [2–4]. Дикie виды и родственники томатов могут являться источником устойчивости к различным видам биотического и абиотического стресса [9, 16].

Solanum sisymbriifolium Lam. – дикий родственник *Solanum lycopersicum* L., в котором была обнаружена устойчивость к многочисленным патогенам, которые вызывают серьезные заболевания у культур семейства *Solanaceae* [15]. Паслен гулявниколистный (*Solanum sisymbriifolium* Lam.) является источником устойчивости к бактериальному вилту, вертициллезному увяданию, корневым нематодам и карминовым паутинным клещам [5]. По нашим наблюдениям, при выращивании паслена гулявниколистного в открытом грунте средней полосы России он проявляет устойчивость к фитофторозу – заболеванию, наносящему огромный ущерб томатам в открытом грунте России. Отдаленной гибридизацией между томатом и пасленом гулявниколистным занимались некоторые исследователи [6, 7, 15]. Результаты исследований различны: одни сообщают о получении гаплоидных растений и удвоенных гаплоидов [6, 7], другие – о получении межвидовых гибридов, которые оказались стерильными. Характерным явлением всех исследований стала низкая завязываемость плодов при отдаленной гибридизации, которую исследователи связывают с постзиготическими барьерами несовместимости в случае, если томат выступает материнским компонентом [15] и презиготическими барьерами несовместимости, когда томат выступает отцовским компонентом скрещиваний. Исследователи констатируют наличие проблемы нескрещиваемости видов, однако не предлагают способов их преодоления, кроме спасения развивающихся зародышей *in vitro*.

Одним из способов преодоления барьеров несовместимости является обработка фитогормонами до или после проведения гибридизации. Возможность применения фитогормонов для обработки рыльца пестика перед опылением для преодоления несовместимых скрещиваний у гибридной петунии была описана Л.В. Ковалевой с соавт. [11–13]. Об успешной стимуляции оплодотворения при использовании фитогормонов при отдаленной гибридизации хлопчатника сообщает Д.М. Даминова с соавт. [1]. У томата исследование влияния фитогормонов на завязывание плодов и семян проводили с целью изучения механизмов, влияющих на развитие плода [14], или для поиска способа увеличения формирования партенокарпических плодов и снижения завязываемости семян [10], что важно для перерабатывающей отрасли.

Цель исследований: изучить влияние экзогенных фитогормонов зеатина и абсцизовой кислоты на завязываемость плодов и развитие семязачатков при опылении *Solanum lycopersicum* и *Solanum sisymbriifolium*.

Задачи исследований:

1. Изучить влияние предобработки зеатином и абсцизовой кислотой рыльца пестика томатов в экспозиции 10 мин и 2 ч до проведения отдаленной гибридизации на завязываемость плодов.

2. Изучить влияние предобработки рыльца пестиков томата экзогенными фитогормонами зеатином на частоту развития семязачатков от опыления томата пасленом гулявниколистным.

Материал и методы исследований

Для гибридизации использовали линии крупноплодного томата Роз.сон 2–6, Розst9 и томатов Черри st8, St6(лик)6, St6, st4. Все линии обладали функциональной мужской стерильностью. Все линии томата, использованные в эксперименте,

и образец паслена гулявниколистного были предоставлены ООО «Селекционная станция имени Н.Н. Тимофеева».

Растения выращивали в защищенном грунте на территории селекционно-селекционного центра овощных культур РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева.

Гибридизацию томата и паслена гулявниколистного проводили в утренние часы, растения томата использовали только в качестве материнского компонента в скрещиваниях. Для исключения возможности самоопыления проводили кастрацию томата в стадии лимонно-желтого бутона с последующей изоляцией рыльца пестика ватой. Пыльцу паслена гулявниколистного собирали непосредственно перед опылением из свежераскрывшихся цветков и наносили на рыльца пестиков сразу после кастрации материнских бутонов. В контрольном варианте эксперимента опыление кастрированных бутонов проводили без дополнительных обработок рыльца пестика. Влияние экзогенных фитогормонов абсцизовой кислоты и зеатина в концентрации 10 мкМ изучали при обработке рыльца пестика путем нанесения на него капли водного раствора фитогормона за 10 мин и 2 ч перед опылением пылью паслена гулявниколистного. Обработанные рыльца изолировали с помощью ваты. Было опылено не менее 6–30 цветков на каждый вариант опыта в зависимости от генотипа. Учет числа завязавшихся плодов производили, начиная с 20 дня после опыления (ДПО). Завязываемость плодов определяли как отношение числа завязавшихся плодов к числу опыленных цветков. Количество развивающихся семязачатков подсчитывали при их инокуляции на питательную среду с 22 по 36 ДПО и в зрелых плодах, оставленных для оценки завязывания полноценных семян без применения технологии спасения зародышей.

Статистическую обработку данных проводили с использованием однофакторного дисперсионного анализа. Существенность различий между вариантами определяли на уровне значимости $P = 0,05$.

Результаты и их обсуждение

Завязываемость плодов и количество развивающихся семязачатков при гибридизации *Solanum lycopersicum* × *Solanum sisymbriifolium* зависели от генотипа материнского растения (табл. 1). Средняя завязываемость плодов среди изученных генотипов была на уровне 50%. Высокой завязываемостью плодов при отдаленной гибридизации отличались линия крупноплодного томата Розст9 и линия Черри st6(лик) с частотой завязывания плодов 70 и 67% соответственно. Низкой завязываемостью плодов характеризовался генотип Черри st8 с завязываемостью плодов на уровне 23%.

Завязываемость плодов не всегда коррелировала со средним числом развивающихся семязачатков в плоде ($r = 0,47$). Высокой завязываемостью плодов и существенно большим числом развивающихся семязачатков по сравнению с остальными генотипами характеризовалась линия томата Черри st6(лик) (рис. 1). У линии Роз st9, которая также отличалась высокой завязываемостью плодов, в среднем начинали развитие 7,5 семязачатка на плод, что почти в 3 раза ниже, чем у линии st6(лик) (табл. 1). Практически у всех опыленных пасленом гулявниколистным материнских образцов томата, кроме st6(лик), в плодах развивалось от $5,8 \pm 2,8$ до $14,2 \pm 12,0$ семязачатков.

Обработка рыльца пестика в бутонах томата перед опылением пасленом гулявниколистным, фитогормонами зеатином и абсцизовой кислотой (АБК) повлияла на завязываемость плодов от межвидовой гибридизации (рис. 2).

**Завязываемость плодов и среднее число развивающихся семязачатков
при гибридизации *Solanum lycopersicum* × *Solanum sisymbriifolium* в зависимости
от генотипа материнского растения**

Генотип материнского компонента скрещивания	Завязываемость плодов, %	Среднее количество развивающихся семязачатков, шт/плод
Розсон2–6	55	11,6±11,9 а*
Роз t 9	70	7,5±4,8 а
st8	23	5,8±2,8 а
St6(лик)	67	22,0±11,8 b
St6	50	14,2±12,0 а
st4	51	6,1±5,7 а

Примечание. Значения в столбце, отмеченные одинаковыми строчными буквами (а, b, c), согласно t-критерию Стьюдента не имеют существенного различия на 5%-ном уровне значимости ($P \leq 0.05$).



Рис. 1. Плоды линии st4 (A, C) и st6(лик) (B, D), завязавшиеся от опыления пасленом гулявниколистым

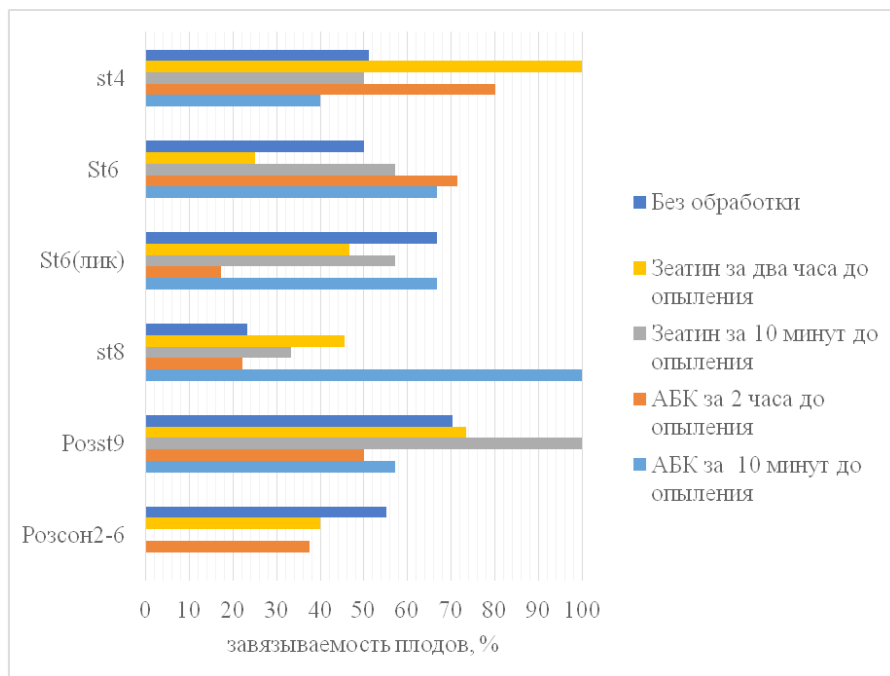


Рис. 2. Завязываемость плодов при гибридизации *Solanum lycopersicum* × *Solanum sisymbriifolium* в зависимости от предобработки рыльца пестика фитогормонами

Увеличение завязываемости плодов в 2 раза наблюдали при обработке зеатином рыльца пестиков за 2 ч перед опылением у генотипов Черри st8 и st4 (рис. 3). Обработка зеатином в течение 10 мин увеличила завязываемость плодов у крупноплодного томата Pozst9 с 70 до 100%, а у томата Черри st8 – с 23 до 33%. Обработка АБК за 2 ч до опыления увеличила завязываемость плодов у генотипов Черри st4 и st6 с 51 до 80% и с 50 до 71% соответственно, однако у остальных изученных генотипов наблюдали снижение завязываемости плодов на 18–39%. Обработка АБК за 10 мин до опыления существенно увеличила завязываемость плодов у генотипа Черри st8 (с 23 до 100%), а у генотипа Розсон2–6 завязываемость снизилась с 55 до 0%. У остальных генотипов наблюдали снижение или увеличение завязываемости плодов в пределах 10–15%.

Влияние фитогормонов на количество развивающихся семязачатков было разнонаправленным в зависимости от генотипа, фитогормона и времени обработки (табл. 2).

Существенно увеличилось количество развивающихся семязачатков у крупноплодных томатов Розсон2–6 и Pozst9 при обработке зеатином за 2 ч до опыления. Обработка рыльца пестика линий крупноплодных томатов АБК за 2 ч до опыления привела к существенному увеличению количества развивающихся семязачатков у линии Розсон2–6, а у линии Pozst9 не оказала существенного влияния. У линий томатов Черри St6, St6(лик) и St4 обработка фитогормонами не оказала существенного влияния на количество развивающихся семязачатков. У линии St8, которая отличалась низкой завязываемостью плодов, обработка фитогормонами в течение 2 ч привела к существенному снижению количества развивающихся семязачатков. Кратковременная обработка АБК (10 мин) несущественно снизила число развивающихся семязачатков у линии St8, а обработка зеатином в течение 10 мин позволила увеличить число развивающихся семязачатков в 3 раза по сравнению с вариантом без обработки.

Гормоны играют важную роль в развитии плодов томата [18]. Показано, что применение экзогенных ауксинов [17], гиббереллинов [10, 17] и цитокининов [14]

на неопыленных завязях может индуцировать закладку партенокарпических бессемянных плодов, причем на инициацию развития плодов влияют не только группа фитогормона, но и конкретный представитель группы. В нашем эксперименте применение экзогенных фитогормонов группы цитокининов и абсцизинов повлияло на завязываемость плодов при отдаленной гибридизации. При этом часть формирующихся плодов оказалась бессемянной, однако связать это явление с обработкой фитогормонами было бы некорректно, так как бессемянные плоды в небольшом количестве (10%) формировались при гибридизации *Solanum lycopersicum* × *Solanum sisymbriifolium* без применения фитогормонов.

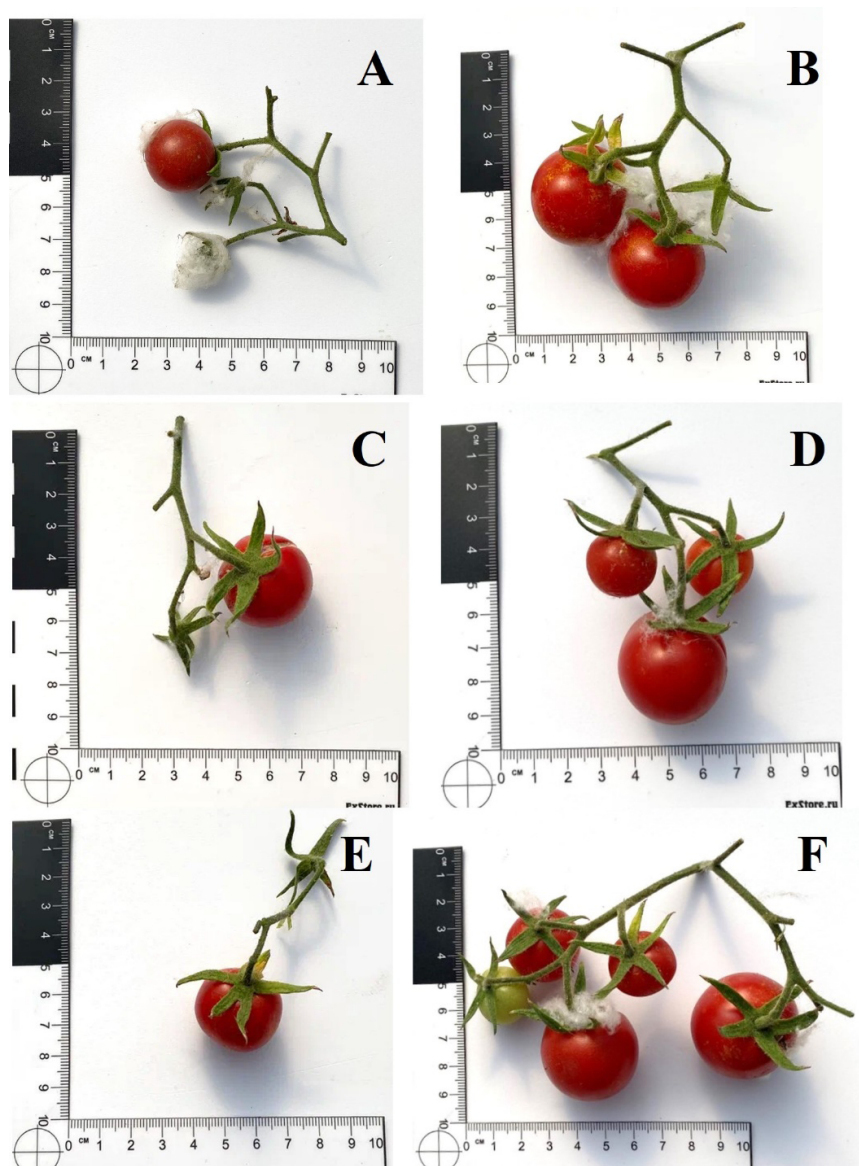


Рис. 3. Завязываемость плодов линии st4 от опыления пыльцой паслена гулявниколистного: А, В – без обработки фитогормонами; С – обработка зеатином до опыления в течение 10 мин; D – обработка зеатином до опыления в течение 2 ч; Е – обработка АБК до опыления в течение 10 мин; D – обработка АБК до опыления в течение 2 ч

Влияние фитогормонов на количество развивающихся семязачатков при опылении томата пыльцой паслена гулявниколистного, шт/плод

Генотип томата	Вариант обработки рыльца пестика перед опылением				
	Без обработки	Зеатин за 2 ч до опыления	Зеатин за 10 мин до опыления	АБК за 2 ч до опыления	АБК за 10 мин до опыления
Розсон2–6	11,6±11,9 a	30,0±10,1 b	н/д	38,5±14,0 b	н/д
Розst9	7,5±4,8 a	40,8±6,0 b	12,5±3,2 c	5,3±4,5 a	4,5±1,2 a
st8	5,8±2,8 a	2,4±2,5 b	19,0±2,8 c	0,00±0,0 b	3,0±2,8 ab
St6(лик)	22,0±11,8 a	23,7±18,9 a	24,9±10,1 a	21,7±12,0 a	26,0±16,3 a
St6	14,2±12,0 a	6,0±0,0 a	3,6±2,3 a	1,2±2,7 a	11,5±2,1 a
st4	6,1±5,7 a	5,0±8,7 a	1,0±1,0 a	13,0±14,5 a	8,3±1,5 a

Примечание. н/д – данные не получены ввиду отсутствия завязавшихся плодов; значения в строке, отмеченные одинаковыми строчными буквами (a, b, c), согласно t-критерию Стьюдента не имеют существенного различия на 5%-ном уровне значимости ($P \leq 0.05$).

Д.М. Даминова и соавт. сообщают, что экзогенные фитогормоны могут влиять на нормальное деление зиготы и первичного ядра эндосперма, что позволяет получить межвидовые гибриды. Кроме того, они показывают, что реакция на фитогормоны индивидуальна и зависит от компонентов скрещивания [1]. Влияние экзогенных фитогормонов на завязываемость плодов и частоту формирующихся семязачатков в зависимости от родительских компонентов скрещивания показано и в наших исследованиях.

Выводы

При отдаленной гибридизации *Solanum lycopersicum* × *Solanum sisymbriifolium* применение экзогенных фитогормонов оказывало независимое влияние на завязываемость плодов и среднее количество развивающихся семязачатков в плоде. Отмечена генотип-специфичная реакция материнских растений томата на вид фитогормона и длительность обработки до опыления пасленом гулявниколистным. Применение зеатина и абсцизовой кислоты перед опылением увеличивало завязываемость плодов и количество развивающихся семязачатков, однако для получения высоких результатов необходим индивидуальный подбор фитогормона и времени обработки.

Работа выполнена за счет средств тематического плана-задания на выполнение научно-исследовательских работ по заказу Минсельхоза России за счет средств федерального бюджета в 2024 г.

Библиографический список

1. Даминова Д.М., Рахманкулов С., Семенихина Л.В. Влияние экзогенных фитогормонов на преодоление нескрещиваемости при межгеномной гибридизации хлопчатника // Генофонд и селекция растений: Доклады и сообщения I Международной научно-практической конференции. – Новосибирск, 2013. – Т. 1. – С. 137–143.

2. Монахос Г.Ф., Нгуен Т.Л. Томат: селекция на устойчивость для весенних теплиц // Картофель и овощи. – 2014. – № 12. – С. 28–29.
3. Монахос С.Г. и др. Селекция растений на устойчивость – основа защиты от болезней в органическом земледелии // Картофель и овощи. – 2019. – Т. 6. – С. 38–40.
4. Огнев В.В., Терешонкова Т.А., Ховрин А.Н. Томат: селекция на страже здоровья // Известия ФНЦО. – 2020. – № 2. – С. 32–37.
5. Alconero R. et al. Verticillium wilt resistance in eggplant, related Solanum species, and interspecific hybrids. // HortScience. – 1988. – Vol. 23, № 2. – Pp. 388–390.
6. Bal U., Abak K. Attempts of haploidy induction in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) via gynogenesis I. pollination with *Solanum sisymbriifolium* Lam. pollen // Pakistan Journal of Biological Sciences. – 2003. – Vol. 6, № 8. – Pp. 745–74.
7. Chambonnet D. Essais d'haploidisation de la tomate // Report D'Activite 1995–1996 Station D'Amelioration Des Plantes Maraicheres D; Avignon-Montfavet. – 1996. – Pp. 84–85.
8. Collonnier C. et al. Somatic hybrids between *Solanum melongena* and *S. sisymbriifolium*, as a useful source of resistance against bacterial and fungal wilts // Plant Science. – 2003. – Vol. 164, № 5. – Pp. 849–861.
9. Ghani M.A. et al. Production and characterisation of tomato derived from interspecific hybridisation between cultivated tomato and its wild relatives // The Journal of Horticultural Science and Biotechnology. – 2020. – Vol. 95, № 4. – Pp. 506–520.
10. Gultom T., Silitonga D.Y. Effect of hormones gibberelin (Ga3) to produce parthenocarp fruit on tomato tree (*Solanum Betaceum*, Cav) // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – IOP Publishing. – 2018. – Vol. 420, № 1. – Art. 012074. DOI: 10.1088/1757-899X/420/1/012074.
11. Kovaleva L.V., Voronkov A.S., Timofeeva G.V., Zakharova E.V. Auxin abolishes inhibitory effects of methylcyclopropan and amino oxyacetic acid on pollen grain germination, pollen tube growth, and the synthesis of ACC in petunia // Russian Journal of Developmental Biology. – 2017. – Vol. 48, № 2. – Pp. 122–129. DOI: 10.1134/S1062360417020059.
12. Kovaleva L.V., Voronkov A.S., Minkina Y.V. et al. Exogenous IAA and ABA stimulate germination of petunia male gametophyte by activating Ca²⁺-dependent K⁺-channels and by modulating the activity of plasmalemma H⁺-ATPase and actin cytoskeleton // Russian Journal of Developmental Biology. – 2016. – Vol. 47, № 3. – Pp. 109–121. DOI: 10.1134/S1062360416030036.
13. Kovaleva L.V., Zakharova E.V., Minkina Yu.V. et al. Germination and In Vitro Growth of Petunia Male Gametophyte are Affected by Exogenous Hormones and Involve the Changes in the Endogenous Hormone Level // Russian Journal of Plant Physiology. – 2005. – Vol. 52, № 4. – Pp. 521–526. DOI: 10.1007/s11183-005-0077-7.
14. Matsuo S. et al. Roles and regulation of cytokinins in tomato fruit development // Journal of Experimental Botany. – 2012. – Vol. 63, № 15. – Pp. 5569–5579.
15. Piosik E. et al. Development of interspecific hybrids between *Solanum lycopersicum* L. and *S. sisymbriifolium* Lam. via embryo calli // Euphytica. – 2019. – Vol. 215. – Pp. 1–20.
16. Rezk A., Abhary M., Akhkha A. Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) breeding strategies for biotic and abiotic stresses // Advances in Plant Breeding Strategies: Vegetable Crops. – 2021. – Vol. 9. Fruits and Young Shoots. – Pp. 363–405.
17. Serrani J.C. et al. Effect of gibberellin and auxin on parthenocarpic fruit growth induction in the cv Micro-Tom of tomato // Journal of Plant Growth Regulation. – 2007. – Vol. 26. – Pp. 211–221.
18. Srivastava A., Handa A.K. Hormonal regulation of tomato fruit development: a molecular perspective // Journal of plant growth regulation. – 2005. – Vol. 24. – Pp. 67–82.

EFFECT OF EXOGENOUS PHYTOHORMONES ON THE OVULE DEVELOPMENT IN THE HYBRIDIZATION OF *SOLANUM LYCOPERSICUM* AND *SOLANUM SISYMBRIIFOLIUM*

A.V. VISHNYAKOVA, A.Z. MARTIROSYAN, A.D. KOPYASHOVA, S.G. MONAKHOS

(Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy)

*Tomato crops are susceptible to a significant number of diseases that reduce both yield and product quality, requiring the improvement of genetic diversity and the creation of genetically resistant varieties. *Solanum sisymbriifolium* Lam. is a source of resistance to bacterial wilt, verticillium wilt, root nematodes, carmine spider mites and late blight. The hybridization of tomato and sticky nightshade is feasible, but involves difficulties in overcoming prezygotic and postzygotic barriers to non-crossing. This study investigates the effect of exogenous phytohormones, specifically zeatin and abscisic acid, on fruit set and the number of developing ovules in crosses between *Solanum lycopersicum* and *Solanum sisymbriifolium*. Six tomato lines with functional male sterility and a sample of sticky nightshade (OOO Breeding Station named after N.N. Timofeyeva) were used in the hybridization process. The stigmas of tomato lines, which had been emasculated at the lemon-yellow bud stage, were treated with zeatin and abscisic acid (ABA) solutions for ten minutes and for two hours before pollination. The studies showed that the phytohormone treatment induced a genotype-specific response. Application of zeatin for two hours doubled fruit set in two of the tomato genotypes. In addition, short-term treatment with zeatin had a positive effect on fruit set in all genotypes. The application of ABA had a multidirectional effect on fruit set. A significant decrease in fruit set was observed in the Roz.son2–6 genotype. In contrast, in the st8 genotype, two hours of ABA treatment resulted in no fruit set, whereas ten minutes of exposure facilitated successful fruit set from all pollinated flowers. The effect of phytohormones on the mean number of developing ovules was remarkable in large-fruited tomatoes. Zeatin treatment increased the number of developing ovules, while the response to ABA treatment depended on genotype and time of treatment. In cherry tomato, phytohormone application had a statistically significant effect on the number of developing ovules only in the st8 genotype. However, prolonged phytohormone treatment decreased the number of developing ovules. Conversely, a brief 10-minute zeatin treatment showed a threefold increase in the average number of developing ovules in the fruit.*

Key words: tomato, sticky nightshade, distant hybridization, phytohormones, zeatin, abscisic acid, fruit set, ovule development

References

1. Daminova D.M., Rakhmankulov S., Semenikhina L.V. Effect of exogenous phytohormones on overcoming non-crossability in intergenomic hybridization of cotton. *I Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya 'Genofond i selektsiya rasteniy'*. November 23–25, 2022. Novosibirsk, Russia: Federal'niy issledovatel'skiy tsentr Institut tsitologii i genetiki Sibirskogo otdeleniya Rossiyskoy akademii nauk, 2013;1:137–143. (In Russ.)
2. Monakhos G.F., Nguen T.L. Tomato: selection for resistance in spring greenhouses. *Potato and Vegetables*. 2014;12:28–29. (In Russ.)
3. Monakhos S.G., Voronina A.V., Baidina A.V., Zubko O.N. Plant breeding for disease resistance is a base of plant protection in organic farming. *Potato and Vegetables*. 2019;6:38–40. (In Russ.) <https://doi.org/10.25630/PAV.2019.92.83.009>

4. Ognev V.V., Tereshonkova T.A., Khovrin A.N. Tomato: selection on health guard. *News of FSVC*. 2020;2:32–37. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2658-4832-2020-2-32-37>
5. Alconero R. et al. Verticillium wilt resistance in eggplant, related Solanum species, and interspecific hybrids. *HortScience*. 1988;23(2):388–390.
6. Bal U., Abak K. Attempts of haploidy induction in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) via gynogenesis I. pollination with *Solanum sisymbriifolium* Lam. Pollen. *Pakistan Journal of Biological Sciences*. 2003;6(8):745–749. <https://doi.org/10.3923/pjbs.2003.745.749>
7. Chambonnet D. Essais d'haploïdisation de la tomate. *Report D'Activite 1995–1996 Station D'Amelioration Des Plantes Maraicheres D; Avignon-Montfavet*. 1996:84–85.
8. Collonnier C. et al. Somatic hybrids between *Solanum melongena* and *S. sisymbriifolium*, as a useful source of resistance against bacterial and fungal wilts. *Plant Science*. 2003;164(5):849–861. [https://doi.org/10.1016/S0168-9452\(03\)00075-X](https://doi.org/10.1016/S0168-9452(03)00075-X)
9. Ghani M.A. et al. Production and characterisation of tomato derived from interspecific hybridisation between cultivated tomato and its wild relatives. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*. 2020;95(4):506–520. <https://doi.org/10.1080/14620316.2019.1689182>
10. Gultom T., Silitonga D.Y. Effect of hormones gibberelin (Ga3) to produce parthenocarp fruit on tomato tree (*Solanum Betaceum*, Cav). *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. IOP Publishing, 2018;420(1):012074. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/420/1/012074>
11. Kovaleva L.V., Voronkov A.S., Timofeeva G.V., Zakharova E.V. Auxin abolishes inhibitory effects of methylcyclopropan and amino oxyacetic acid on pollen grain germination, pollen tube growth, and the synthesis of ACC in petunia. *Russian Journal of Developmental Biology*. 2017;48(2):122–129. <https://doi.org/10.1134/S1062360417020059>
12. Kovaleva L.V., Voronkov A.S., Minkina Yu.V. et al. Exogenous IAA and ABA stimulate germination of petunia male gametophyte by activating Ca²⁺-dependent K⁺-channels and by modulating the activity of plasmalemma H⁺-ATPase and actin cytoskeleton. *Russian Journal of Developmental Biology*. 2016;47(3):109–121. <https://doi.org/10.1134/S1062360416030036>
13. Kovaleva L.V., Zakharova E.V., Minkina Yu.V. et al. Germination and In Vitro growth of petunia male gametophyte are affected by exogenous hormones and involve the changes in the endogenous hormone level. *Russian Journal of Plant Physiology*. 2005;52(4):521–526. <https://doi.org/10.1007/s11183-005-0077-7>
14. Matsuo S. et al. Roles and regulation of cytokinins in tomato fruit development. *Journal of Experimental Botany*. 2012;63(15):5569–5579. <https://doi.org/10.1093/jxb/ers207>
15. Piosik Ł. et al. Development of interspecific hybrids between *Solanum lycopersicum* L. and *S. sisymbriifolium* Lam. via embryo calli. *Euphytica*. 2019;215:1–20. <https://doi.org/10.1007/s10681-019-2358-9>
16. Rezk A., Abhary M., Akhkha A. Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) breeding strategies for biotic and abiotic stresses. In: *Advances in Plant Breeding Strategies: Vegetable Crops: Volume 9: Fruits and Young Shoots*. Springer, Cham., 2021:363–405. https://doi.org/10.1007/978-3-030-66961-4_10
17. Serrani J.C. et al. Effect of gibberellin and auxin on parthenocarpic fruit growth induction in the cv Micro-Tom of tomato. *Journal of Plant Growth Regulation*. 2007;26:211–221. <https://doi.org/10.1007/s00344-007-9014-7>
18. Srivastava A., Handa A.K. Hormonal regulation of tomato fruit development: a molecular perspective. *Journal of plant growth regulation*. 2005;24:67–82. <https://doi.org/10.1007/s00344-005-0015-0>

Сведения об авторах

Вишнякова Анастасия Васильевна, канд. с.-х. наук, доцент кафедры ботаники, селекции и семеноводства садовых растений, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел.: (499) 976–41–71; e-mail: a.vishnyakova@rgau-msha.ru

Мартиросян Алина Заликовна, студент 4 курса Института садоводства и ландшафтной архитектуры, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел.: (985) 168–24–77; e-mail: alinalmartirosyan@gmail.com

Кобяшова Алена Дмитриевна, студент 4 курса Института садоводства и ландшафтной архитектуры, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел.: (965) 883–73–77; e-mail: alyoni.kobyashova@gmail.com

Монахос Сократ Григорьевич, д-р с.-х. наук, профессор, заведующий кафедрой ботаники, селекции и семеноводства садовых растений, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел.: (499) 976–41–71; e-mail: s.monakhos@rgau-msha.ru

Information about authors

Anastasiya V. Vishnyakova, CSc (Ag), Associate Professor at the Department of Botany, Plant Breeding and Seed Technology, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation); phone: (499) 976–41–71; e-mail: a.vishnyakova@rgau-msha.ru

Alina Z. Martirosyan, 4th year student of the Institute of Horticulture and Landscape Architecture, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation); phone: (985) 168–24–77; e-mail: alinalmartirosyan@gmail.com

Alena D. Kobyashova, 4th year student of the Institute of Horticulture and Landscape Architecture, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation); phone: (965) 883–73–77; e-mail: alyoni.kobyashova@gmail.com

Sokrat G. Monakhos, DSc (Ag), Professor, Head of the Department of Botany, Plant Breeding and Seed Technology, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation); phone: (499) 976–41–71; e-mail: s.monakhos@rgau-msha.ru

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ БИООРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ
НА БЕЗЛИСТОЧКОВЫХ СОРТАХ ГОРОХА ПОСЕВНОГО

Ю.Б. АРЖЕНОВСКАЯ, Е.К. КУВШИНОВА

(Азово-Черноморский инженерный институт,
Донской государственный аграрный университет)

В последнее время достаточно актуальным аспектом является безопасность сельскохозяйственной продукции. Одним из путей решения этой задачи является использование биологических препаратов. Целью исследований являлось определение эффективности применения биоорганических удобрений на безлисточковых сортах гороха посевного. В статье приведены результаты исследований по оценке влияния биоорганических удобрений на элементы продуктивности сортов гороха посевного. Семена гороха обрабатывали изучаемыми препаратами перед посевом и во время вегетации. Проанализированы элементы структуры урожая, учтена урожайность сортов и оценено качество семян по содержанию белка. В 2022 г. сорта сформировали по 2,76, а в благоприятном по количеству осадков и периодам их выпадения 2023 г. – по 7,00 бобов на одном растении. В среднем за два года наибольшее количество бобов на контроле сформировал сорт Камелеон (5,43 шт.), в варианте с ПроРостим – сорт Астронавт (6,76 шт.), в варианте с РутМост+СемяСтарт – сорт Лумп (7,04 шт.). Следует выделить сорт Лумп, сформировавший в среднем за годы исследований по 4,16 семян в бобе в варианте с препаратами РутМост+СемяСтарт. Препараты ПроРостим и РутМост+СемяСтарт способствовали образованию наибольшего количества семян на растении у сорта Астронавт – 21,83 и 20,41 шт. соответственно вариантам. Более высокая масса 1000 семян в условиях проводимого опыта была сформирована сортами в благоприятном 2023 г. (249,78 г). Установлены положительные прибавки урожайности только в 2023 г., когда у всех сортов была получена урожайность выше, чем у стандартного сорта Аксайский усатый 5. Среди изучаемых препаратов наибольшие прибавки урожайности обеспечил ПроРостим (превышение над контролем составило +0,36 т/га в 2022 г. и +0,71 т/га в 2023 г.). Самое высокое содержание белка в семенах в среднем за два года отмечено у сорта Астронавт (29,32%) в варианте опыта РутМост+СемяСтарт.

Ключевые слова: горох посевной, сорт, биоорганическое удобрение, обработка семян, элементы структуры, урожайность, прибавка, содержание белка, корреляция.

Введение

Горох – традиционная для России культура, которая в большинстве регионов страны занимает лидирующие позиции среди всех зернобобовых культур. Спрос на эту культуру повышается благодаря все возрастающей потребности для получения пищевого и кормового белка за счет высокого содержания белка в семенах. Горох широко используется и в промышленных целях – для получения высокобелковых экологически чистых продуктов, пользующихся высоким спросом как на внутреннем рынке, так и за рубежом. По данным Росстата, средняя урожайность гороха в 2023 г.

составила 2,41 т/га, хотя потенциал новых сортов позволяет достигать этого показателя намного выше средних значений, что находится в прямой зависимости от культуры земледелия и почвенно-климатических факторов [1, 2]. Другим достаточно актуальным аспектом в последнее время является безопасность сельскохозяйственной продукции. Одним из путей решения этих задач является использование биологических препаратов. Их применение не только безопасно повышает урожайность культуры, но и стимулирует процесс образования биологического азота у бобовых и небобовых культур, а у гороха способствует увеличению крупности семян и росту прибавок урожайности [3, 4].

Сельскохозяйственная микробиология в настоящее время предлагает достаточно большой спектр биопрепаратов, которые используют для повышения почвенного плодородия, продуктивности культурных растений и качества урожая, а также для их защиты от фитопатогенной микрофлоры и вредителей, снижения норм внесения минеральных удобрений и в целом для изменения подхода к проблеме выращивания безопасной сельскохозяйственной продукции и постепенного перехода сельхозтоваропроизводителей на экологически ориентированное землепользование [5, 6]. На территории РФ зарегистрированы и разрешены к использованию свыше 40 биологических препаратов для защиты растений и регуляторов роста. Половина из них приходится на долю биологических фунгицидов, способствующих повышению биометрических характеристик и урожайного потенциала растений [7, 8]. В связи с этим целесообразно изучение применения безопасных биоудобрений, являющихся элементом органического земледелия, как альтернативу к традиционному выращиванию гороха посевного, и способствующих увеличению урожайности и качества продукции зернобобовых культур.

Цель исследований: определение эффективности применения биоорганических удобрений на безлисточковых сортах гороха посевного.

Материал и методы исследований

Для достижения поставленной цели решали следующие задачи: проанализировали показатели продуктивности сортов гороха; оценили урожайность и содержание белка у изучаемых сортов.

Материалом для исследований послужили 5 сортов гороха иностранной селекции:

1. *Астронавт*. Оригинатор – Societe RAGT 2N S.A.S. Сорт среднеспелый, безлисточковый, высокоустойчив к полеганию, засухоустойчив.

2. *Бельмондо*. Оригинатор – I.G. Pflanzenzucht GMBH. Сорт среднеспелый, безлисточковый, высокоустойчив к полеганию, засухоустойчив.

3. *Болдор*. Оригинатор – Maison Florimond Desprez SAS. Сорт среднеспелый, безлисточковый, средnezасухоустойчив, устойчивость к осыпанию и полеганию высокая.

4. *Камелеон*. Оригинатор – KWS Momont Recherche SARL. Сорт среднеспелый, безлисточковый. Устойчивость к засухе – на уровне стандартных сортов Фокор и Спартак. Устойчивость к осыпанию выше средней, к полеганию – высокая.

5. *Лумп*. Оригинатор – Saatbau Linz Egen. Сорт среднеспелый, безлисточковый. Устойчивость к полеганию и осыпанию высокая, средnezасухоустойчив.

Сорт *Аксайский усатый 5* исследовали в качестве стандартного сорта. Оригинатор – ФГБНУ Федеральный Ростовский аграрный научный центр (п. Рассвет, Аксайский район, Ростовская область). Разновидность – *circosut-ecaducut* (усатая-неопадающая). Листовые пластинки отсутствуют, вместо них – усы. Сорт высокотехнологичный.

Исследования проводили в 2022–2023 гг. на опытном поле Агротехнологического центра Азово-Черноморского инженерного института ФГБОУ ВО Донской ГАУ (г. Зерноград, Ростовская область).

Почва опытного участка – чернозем обыкновенный карбонатный тяжелосуглинистый. Площадь делянки составляет 41,25 м², учетная площадь делянки – 40,00 м², повторность в опыте трехкратная, размещение вариантов – систематическое, способ – последовательный. Общая площадь опыта – 0,22 га.

Для посева использовали сеялку СН-16. Сроки посева: 06.04.2022 г. и 21.03.2023 г. Норма высева – 1,2 млн шт. всхожих семян на 1 га. Способ посева – рядовой, ширина междурядий – 15 см. Предшественник – озимая пшеница.

Схема опыта включала в себя два фактора: фактор А – сорта гороха; фактор В – препараты для обработки семян и растений по вегетации.

Во всех вариантах опыта перед посевом протравливание семян осуществляли комбинированным системным препаратом с усиленной фунгицидной активностью против широкого спектра патогенов Редиго Про, кс (фирмы Bayer) в дозировке 0,5 л/т и инсектицидным протравителем от комплекса почвообитающих и ранних послеуборочных вредителей Пикус, кс (FMS Corporation) в дозировке 0,7 л/т. Этот вариант опыта был взят в качестве контроля (вариант № 1).

В варианте № 2 (ПроРостим) использовали жидкое биоорганическое удобрение ПроРостим (ТД «Экор-М»), содержащее органические вещества, макро- и микроэлементы в хелатной форме, гуминовые и фульфовые кислоты, азотфиксирующие, фотосинтезирующие и другие бактерии. Препарат рекомендуют применять для повышения качественных и количественных показателей урожая и ускорения вегетационного развития. Обработку семян проводили за один день до посева в дозировке 1,0 л/т, обработку растений в фазе 5–6 настоящих листьев осуществляли в дозе 1 л/га.

В варианте № 3 (РутМост+СемяСтарт) проводили обработку семян жидким биостимулятором для развития корневой системы РутМост (SEA Line) в комплексе с биоактиватором для стимуляции прорастания и укоренения СемяСтарт. Препарат РутМост содержит прогормональные соединения, полисахариды, глюкозиды, аминокислоты, бетаины, витамины, макро- и микроэлементы. СемяСтарт (НПО «Сила жизни») содержит гидроксикарбоновые кислоты и аминокислоты. Для обработки семян препараты использовали в следующей дозировке: РутМост – 1,0 л/т; СемяСтарт – 2,0 л/т. Препараты ускоряют прорастание семян, стимулируют рост и развитие корневой системы, повышают сопротивляемость растений неблагоприятным факторам среды.

Все технологические операции осуществляли согласно Зональным системам земледелия Ростовской области для южной зоны [9]. Отбор снопов для анализа элементов продуктивности производили в день уборки с площадок по 0,25 м² в трех повторениях. Опытные делянки убирали в первой половине июля прямым комбайнированием, используя малогабаритный комбайн «Terrion 2010». Учет урожая производили путем взвешивания зерна со всей делянки.

Подсчет бобов и семян, массу семян определяли в Учебно-научно-производственной агротехнологической лаборатории института согласно методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (1989) [10]. Массу 1000 семян устанавливали согласно ГОСТ 10842–89 [11]. Содержание белка в семенах гороха определяли по методу Кьельдаля [12].

Статистическую обработку результатов производили с помощью компьютерной программы Microsoft Office Excel 2019.

Метеоусловия в годы исследований по количеству осадков были контрастными. Гидротермический коэффициент за период вегетации гороха в 2022 г. составил 0,65, что характеризовало его как очень засушливый, а в 2023 г. – 1,31, что соответствует условиям обеспеченного увлажнения [13].

Результаты и их обсуждение

Изучение сортов по элементам продуктивности показало, что развитие и конечная величина каждого признака зависели от условий внешней среды, генотипических особенностей сорта и используемых препаратов.

Важным показателем продуктивности является количество бобов на растении. В 2022 г. этот признак варьировал от 1,85 шт. у сорта Бельмондо на контроле до 4,39 шт. у сорта Камелеон в варианте ПроРостим. В контрольном варианте превышение данного признака по сравнению со стандартным сортом было отмечено только у двух сортов гороха: у сорта Астронавт (+0,93 шт.) и у сорта Камелеон (+0,35 шт.). В варианте с препаратом ПроРостим почти у всех сортов, за исключением сорта Лумп (–0,11 шт.), установлена положительная реакция на его применение по сравнению с сортом-стандартом (+0,14...+2,32 шт.). В варианте с РутМост+СемяСтарт у всех сортов было сформировано бобов на растении больше, чем у стандарта Аксайский усатый 5, на 0,28–1,35 шт. В этом варианте опыта, как и в предыдущем, лидером среди сортов стал сорт Камелеон. В среднем по опыту сорта сформировали 2,76 бобов на одном растении, что свидетельствует о том, что ввиду дефицита атмосферных осадков в период бутонизации и цветения завязываемость и формирование бобов были низкими.

В более благоприятном по количеству осадков 2023 г. размах по числу сформированных бобов на одном растении составил от 3,85 до 11,50 шт. На контроле стандартный сорт превысили сорта Камелеон (+1,79 шт.) и Лумп (+1,34 шт.), в варианте с ПроРостим – сорта Астронавт (+3,32 шт.), Камелеон (+0,88 шт.) и Лумп (+0,84 шт.), а в варианте РутМост+СемяСтарт – все сорта за исключением сорта Болдор (–1,05 шт.). При этом превышение над стандартным сортом в этом варианте опыта было максимальным и составило от +0,28 шт. у сорта Бельмондо до +6,08 шт. у сорта Лумп. В 2023 г. среднее количество бобов на растении составило 7,00 шт. (табл. 1).

В среднем за два года наибольшее количество бобов на контроле сформировал сорт Камелеон (5,43 шт.), в варианте с ПроРостим – сорт Астронавт (6,76 шт.), в варианте с РутМост + СемяСтарт – сорт Лумп (7,04 шт.). Варьирование признака в оба года исследований было значительным ($V = 23,71\%$ и $V = 30,96\%$).

По признаку «Число семян в бобе» в 2022 г. следует выделить сорта Болдор (3,57 шт.) и Аксайский усатый 5 (3,56 шт.) на контроле, Лумп (4,18 шт.) на варианте с ПроРостим и сорт-стандарт Аксайский усатый 5 (4,37 шт.) на варианте РутМост+СемяСтарт, и это была наибольшая озерненность боба в 2022 г. В среднем по опыту сорта формировали 3,55 шт. семян в бобе.

В условиях 2023 г. сорта сформировали по 3,23 шт. семян в бобе. Наибольшее число семян в бобе, соответственно вариантам опыта, сформировали сорта Аксайский усатый 5 (3,85 шт.) и Лумп (3,54 и 4,67 шт.). В среднем за два года исследований эти сорта по числу семян в бобе были самыми результативными: 3,71 шт. у сорта Аксайский усатый 5; 3,86 и 4,16 шт. у сорта Лумп соответственно изученным вариантам. Варьирование данного признака по годам было средним ($V = 12,74\%$ и $V = 15,04\%$) (табл. 2).

Одним из важнейших признаков в структуре урожая гороха является количество семян с растения. Этот признак зависит от количества сформированных

бобов на одном растении и числа семян в бобе. Количество семян с растения в 2022 г. в среднем по опыту составило 9,67 шт. и варьировало от 5,80 шт. у сорта Бельмонда на контроле до 13,86 шт. у сорта Лумп в варианте РутМост+СемяСтарт. В более благоприятном 2023 г. в среднем по всему опыту растения сформировали вдвое больше семян, чем в предыдущем: по 21,40 шт. При этом размах данного признака составил от 11,40 шт. у сорта Бельмондо в варианте с ПроРостим до 33,88 шт. у сорта Астронавт в этом же варианте опыта (табл. 3).

Таблица 1

Влияние биоорганических удобрений на формирование бобов (2022–2023 гг.)

Сорт	Вариант	Количество бобов, шт./растение					
		2022 г.	± к st	2023 г.	± к st	Среднее	± к st
Аксайский усатый 5, st	Контроль	2,77	–	5,95	–	4,36	–
Астронавт		3,70	+0,93	5,66	–0,29	4,68	+0,32
Бельмондо		1,85	–0,92	5,47	–0,48	3,66	–0,70
Болдор		2,63	–0,14	5,00	–0,95	3,82	–0,54
Камелеон		3,12	+0,35	7,74	+1,79	5,43	+1,07
Лумп		2,54	–0,23	7,29	+1,34	4,92	+0,56
Аксайский усатый 5, st	ПроРостим	2,07	–	7,33	–	4,70	–
Астронавт		2,87	+0,80	10,65	+3,32	6,76	+2,06
Бельмондо		2,21	+0,14	3,85	–3,48	3,03	–1,67
Болдор		2,42	+0,35	5,05	–2,28	3,74	–0,96
Камелеон		4,39	+2,32	8,21	+0,88	6,30	+1,6
Лумп		1,96	–0,11	8,17	+0,84	5,07	+0,37
Аксайский усатый 5, st	РутМост+ СемяСтарт	2,30	–	5,42	–	3,86	–
Астронавт		3,08	+0,78	9,12	+3,70	6,10	+2,24
Бельмондо		2,74	+0,44	5,70	+0,28	4,22	+0,36
Болдор		2,71	+0,41	4,37	–1,05	3,54	–0,32
Камелеон		3,65	+1,35	8,80	+3,38	6,23	+2,37
Лумп		2,58	+0,28	11,50	+6,08	7,04	+3,18
Х ср.	–	2,76	–	7,00	–	–	–
V, %	–	23,71	–	30,96	–	–	–

Таблица 2

Влияние биоорганических удобрений на образование семян в бобе (2022–2023 гг.)

Сорт	Вариант	Число семян в бобе, шт.					
		2022 г.	± к st	2023 г.	± к st	Среднее	± к st
Аксайский усатый 5, st	Контроль	3,56	–	3,85	–	3,71	–
Астронавт		3,38	–0,18	2,95	–0,90	3,17	–0,54
Бельмондо		3,14	–0,42	2,94	–0,91	3,04	–0,67
Болдор		3,57	+0,01	2,88	–0,97	2,88	–0,83
Камелеон		3,36	–0,20	3,28	–0,57	3,32	–0,39
Лумп		2,98	–0,58	3,43	–0,42	3,21	–0,50
Аксайский усатый 5, st	ПроРостим	3,85	–	3,34	–	3,60	–
Астронавт		3,41	–0,44	3,18	–0,16	3,30	–0,30
Бельмондо		3,64	–0,21	2,96	–0,38	3,30	–0,30
Болдор		2,73	–1,12	3,41	+0,07	3,07	–0,53
Камелеон		3,48	–0,37	2,85	–0,49	3,17	–0,43
Лумп		4,18	+0,33	3,54	+0,20	3,86	+0,26
Аксайский усатый 5, st	РутМост+ СемяСтарт	4,37	–	3,48	–	3,93	–
Астронавт		4,14	–0,23	3,08	–1,40	3,61	–0,32
Бельмондо		2,92	–1,45	2,56	–0,92	2,74	–1,19
Болдор		4,07	–0,30	3,06	–0,42	3,57	–0,36
Камелеон		3,40	–0,97	2,68	–0,80	3,04	–0,89
Лумп		3,64	–0,73	4,67	+1,19	4,16	+0,23
Х ср.	–	3,55	–	3,23	–	–	–
V, %	–	12,74	–	15,04	–	–	–

Наибольшее количество семян на растении в среднем за два года исследований отмечалось у сорта Камелеон на контроле (19,55 шт.) и у сорта Астронавт в вариантах с изучаемыми препаратами: 21,83 шт. с ПроРостим и 20,41 шт. с РутМост+СемяСтарт.

Масса 1000 семян характеризует их крупность и одновременно является важнейшим элементом структуры урожая. В оба года исследований и в каждом варианте

опыта все сорта формировали массу 1000 семян выше стандартного сорта. Это обусловлено тем, что изучаемые сорта являются более крупносеменными по сравнению с сортом Аксайский усатый 5. В 2022 г. максимальное значение этого признака было установлено у сорта Камелеон на контроле (265,00 г), а в 2023 г. – у сорта Бельмондо в варианте с препаратами РутМост+СемяСтарт (280,10 г).

Таблица 3

Влияние биоорганических удобрений на количество семян (2022–2023 гг.)

Сорт	Вариант	Количество семян, шт./растение					
		2022 г.	± к st	2023 г.	± к st	Среднее	± к st
Аксайский усатый 5, st	Контроль	9,85	–	22,91	–	16,38	–
Астронавт		12,50	+2,65	16,69	–6,22	14,60	–1,78
Бельмондо		5,80	–4,05	16,11	–6,80	10,96	–5,42
Болдор		9,38	–0,47	14,39	–8,52	11,89	–4,49
Камелеон		13,70	+3,85	25,39	+2,48	19,55	+3,17
Лумп		7,58	–2,27	25,00	+2,09	16,29	–0,09
Аксайский усатый 5, st	ПроРостим	7,98	–	24,48	–	16,23	–
Астронавт		9,78	+1,80	33,88	+9,40	21,83	+5,60
Бельмондо		8,03	+0,05	11,40	–13,08	9,72	–6,51
Болдор		6,61	–1,37	17,19	–7,29	11,90	–4,33
Камелеон		8,08	+0,10	23,42	–1,06	15,75	–0,48
Лумп		8,19	+0,21	28,96	+4,48	18,58	+2,35
Аксайский усатый 5, st	РутМост+ СемяСтарт	10,06	–	18,88	–	14,47	–
Астронавт		12,75	+2,69	28,06	+9,18	20,41	+5,94
Бельмондо		7,84	–2,22	14,62	–4,26	11,23	–3,06
Болдор		11,03	+0,97	13,37	–5,51	12,20	–2,27
Камелеон		11,06	+1,00	23,48	+4,60	17,27	+2,80
Лумп		13,86	+3,80	26,88	+8,00	20,37	+5,90
Х ср.	–	9,67	–	21,40	–	–	–
V, %	–	24,79	–	29,35	–	–	–

В среднем за годы исследований выделился сорт Камелеон на контроле с массой 1000 семян 267,28 г. Высокой она была у этого же сорта и в варианте с ПроРостим (265,40 г), а в варианте с РутМост+СемяСтарт самый высокий результат отмечен у сорта Бельмондо – 266,11 г.

Варьирование признака «Масса 1000 семян» в исследованиях 2022 г. было незначительным (8,46%), а в 2023 г. – средним (10,84%) (табл. 4).

Таблица 4

Влияние биоорганических удобрений на массу 1000 семян, г (2022–2023 гг.)

Сорт	Вариант	2022 г.	± к st	2023 г.	± к st	Среднее	± к st
Аксайский усатый 5, st	Контроль	184,46	–	202,44	–	193,45	–
Астронавт		229,52	+45,06	247,12	+44,68	238,32	+44,87
Бельмондо		229,74	+45,28	272,10	+69,66	250,92	+57,47
Болдор		231,05	+46,59	265,46	+63,02	248,26	+54,81
Камелеон		265,00	+80,54	269,56	+67,12	267,28	+73,83
Лумп		231,40	+46,94	237,50	+35,06	234,45	+41,00
Аксайский усатый 5, st	ПроРостим	205,58	–	189,74	–	197,66	–
Астронавт		240,30	+34,72	271,84	+82,10	256,07	+58,41
Бельмондо		254,18	+48,60	257,88	+68,14	256,03	+58,37
Болдор		247,18	+41,60	270,12	+80,38	258,65	+60,99
Камелеон		258,14	+52,56	272,66	+82,92	265,40	+67,74
Лумп		240,12	+34,54	240,56	+50,82	240,34	+42,68
Аксайский усатый 5, st	РутМост+СемяСтарт	206,90	–	217,78	–	212,34	–
Астронавт		242,76	+35,86	244,54	+26,76	243,65	+31,31
Бельмондо		252,12	+45,22	280,10	+62,32	266,11	+53,77
Болдор		234,56	+27,66	270,52	+52,74	252,54	+40,20
Камелеон		242,54	+35,64	268,20	+50,42	255,37	+43,03
Лумп		241,00	+34,10	217,90	+0,12	229,45	+17,11
Х ср.	–	235,36	–	249,78	–	–	–
V, %	–	8,46	–	10,84	–	–	–

Основным признаком возделываемых сортов или применяемых агроприемов считают полученную *урожайность*. Достоверность полученных результатов в опыте оценивали и по сортам, и по препаратам. В 2022 г. урожайность в опыте варьировала от 1,70 до 2,13 т/га. Самой низкой она была у сорта Бельмондо, а самой высокой – у стандартного сорта Аксайский усатый 5. Ни один из изучаемых сортов не превысил по урожайности стандартный сорт, а в двух случаях прибавки были достоверно низкими: –0,30 т/га у сорта Астронавт и –0,43 т/га у сорта Бельмондо (табл. 5).

В благоприятных для гороха условиях 2023 г. все сорта, за исключением сорта Бельмондо, сформировали урожайность выше, чем у сорта-стандарта, на 0,73–1,40 т/га, при этом все полученные прибавки были достоверными. Самый высокий результат получен у сорта Астронавт – 3,80 т/га. В среднем за два года изучения максимальная урожайность (2,82 и 2,81 т/га) и наибольшие прибавки (+0,55 и +0,54 т/га) получены у сортов Астронавт и Болдор за счет результатов 2023 г.

Анализ влияния биоорганических удобрений свидетельствует о том, что они оказывали положительное влияние на урожайность гороха в оба года проведения исследований. Наибольшие прибавки урожайности обеспечил препарат ПроРостим: в 2022 г. превышение над контролем составило +0,36 т/га, в 2023 г. – +0,71 т/га (табл. 6).

В 2022 г. урожайность гороха варьировала от 1,57 т/га у сорта Астронавт на контроле до 2,37 т/га у стандартного сорта Аксайский усатый 5 при обработке препаратами РутМост+СемяСтарт, а в среднем по опыту она составила 1,96 т/га. При этом лишь у трех сортов на контроле были отмечены положительные прибавки по сравнению со стандартом: у сорта Болдор (+0,20 т/га) и у сортов Камелеон и Лумп (по +0,14 т/га). В остальных случаях прибавки к стандарту имели отрицательные значения.

Таблица 5

Влияние сортов на урожайность гороха, т/га (фактор А)

Сорт (фактор А)	Урожайность, т/га					
	2022 г.	± к st	2023 г.	± к st	средняя	± к st
Аксайский усатый 5, st	2,13	–	2,40	–	2,27	–
Астронавт	1,83	–0,30	3,80	+1,40	2,82	+0,55
Бельмондо	1,70	–0,43	2,45	+0,05	2,08	–0,19
Болдор	2,06	–0,07	3,56	+1,16	2,81	+0,54
Камелеон	2,01	–0,12	3,13	+0,73	2,57	+0,30
Лумп	2,01	–0,12	3,39	+0,99	2,70	+0,43
НСР ₀₅ А	0,29	–	0,26	–	–	–

Влияние биоорганических удобрений на урожайность гороха, т/га (фактор В)

Вариант опыта (фактор В)	Урожайность, т/га					
	2022 г.	± к st	2023 г.	± к st	средняя	± к st
Контроль	1,73	–	2,82	–	2,28	–
ПроРостим	2,09	+0,36	3,53	+0,71	2,81	+0,53
РутМост+СемяСтарт	2,05	+0,32	3,01	+0,19	2,53	+0,25
НСР ₀₅ В	0,20	–	0,19	–	–	–

В 2023 г. урожайность гороха была выше и варьировала от 2,24 т/га у сорта Бельмондо на контроле до 4,85 т/га у сорта Астронавт в варианте с препаратом ПроРостим, а в среднем по опыту она составила 3,12 т/га. Самую высокую урожайность сформировали сорта Астронавт (4,85 т/га) и Болдор (4,43 т/га) в варианте с применением ПроРостим, что позволяет сделать вывод о положительной реакции у этих сортов на применение препарата.

В большинстве случаев в 2023 г. прибавки по сравнению со стандартом были положительными (+0,25...+2,39 т/га) за исключением отрицательных прибавок у сорта Бельмондо на контроле (–0,16 т/га) и в варианте с ПроРостим (–0,04 т/га), но их достоверность не доказана.

В среднем за два года максимальную урожайность в опыте сформировали два сорта гороха: Астронавт (3,44 т/га) и Болдор (3,32 т/га) в варианте с ПроРостим за счет высокой урожайности в 2023 г. Самая низкая урожайность была получена у сорта Бельмондо на контроле (1,93 т/га). Этот сорт в условиях опыта формировал самую низкую урожайность семян (табл. 7).

В связи с тем, что горох является источником растительного белка, одним из важнейших показателей качества этой культуры считается *содержание белка* в его семенах. В условиях 2022 г. значение этого показателя варьировало от 25,75% у сорта Бельмондо на контроле до 33,13% у сорта Астронавт в варианте РутМост+СемяСтарт, а среднее значение в опыте составило 28,56%.

В 2023 г. как самое высокое (28,53%), так и самое низкое содержание белка (23,54%), было на контроле. По сравнению с предыдущим годом белка в семенах содержалось несколько меньше. Среднее значение в опыте составило 25,66%. В оба года варьирование было незначительным: в 2022 г. $V = 5,59\%$; в 2023 г. $V = 5,15\%$.

В среднем за два года исследований самое высокое содержание белка в семенах обеспечил сорт Астронавт (29,32%) в варианте опыта РутМост+СемяСтарт за счет максимального результата среди изучаемых сортов в 2022 году (33,13%). Это единственный из сортов с положительной прибавкой данного показателя по сравнению со стандартом. Меньше всего белка в среднем за два года содержал сорт Бельмондо на контроле – 25,17% (табл. 8).

Корреляционный анализ свидетельствует о том, что между урожайностью и содержанием белка была установлена слабая положительная связь: в 2022 г. $r = 0,15$; в 2023 г. $r = 0,04$.

**Урожайность гороха в зависимости от сортов
и биоорганических удобрений, т/га (2022–2023 гг.)**

Сорт (фактор А)	Вариант (фактор В)	2022 г.	± к st	2023 г.	± к st	Среднее	± к st
Аксайский усатый 5, st	Контроль	1,68	–	2,40	–	2,04	–
Астронавт		1,57	–0,11	3,32	+0,92	2,45	+0,41
Бельмондо		1,61	–0,07	2,24	–0,16	1,93	–0,11
Болдор		1,88	+0,20	3,17	+0,77	2,53	+0,49
Камелеон		1,82	+0,14	3,15	+0,75	2,49	+0,45
Лумп		1,82	+0,14	2,65	+0,25	2,24	+0,20
Аксайский усатый 5, st	ПроРостим	2,33	–	2,46	–	2,40	–
Астронавт		2,02	–0,31	4,85	+2,39	3,44	+1,04
Бельмондо		1,77	–0,56	2,50	–0,04	2,14	–0,26
Болдор		2,21	–0,12	4,43	+1,97	3,32	+0,92
Камелеон		2,09	–0,24	3,10	+0,64	2,60	+0,20
Лумп		2,13	–0,20	3,85	+1,39	2,99	+0,59
Аксайский усатый 5, st	РутМост+ СемяСтарт	2,37	–	2,34	–	2,36	–
Астронавт		1,89	–0,48	3,24	+0,90	2,57	+0,21
Бельмондо		1,73	–0,64	2,60	+0,26	2,17	–0,19
Болдор		2,08	–0,29	3,07	+0,73	2,58	+0,22
Камелеон		2,12	–0,25	3,14	+0,80	2,63	+0,27
Лумп		2,09	–0,28	3,67	+1,33	2,88	+0,52
Х ср.	–	1,96	–	3,12	–	–	–
V, %	–	12,19	–	23,08	–	–	–
НСР ₀₅ А	–	0,29	–	0,26	–	–	–
НСР ₀₅ В	–	0,20	–	0,19	–	–	–

Таблица 8

Влияние биоорганических удобрений на содержание белка в зерне, % (2022–2023 гг.)

Сорт	Вариант	2022 г.	± к st	2023 г.	± к st	Среднее	± к st
Аксайский усатый 5, st	Контроль	28,08	–	28,53	–	28,31	–
Астронавт		29,42	+1,34	25,78	–2,75	27,60	–0,71
Бельмондо		25,75	–2,33	24,58	–3,95	25,17	–3,14
Болдор		30,54	+2,46	23,54	–4,99	27,04	–1,27
Камелеон		28,34	+0,26	24,25	–4,28	26,30	–2,01
Лумп		29,13	+1,05	25,36	–3,17	27,25	–1,06
Аксайский усатый 5, st	ПроРостим	29,16	–	27,49	–	28,33	–
Астронавт		27,25	–1,91	27,45	–0,04	27,35	–0,98
Бельмондо		27,56	–1,60	26,72	–0,77	27,14	–1,19
Болдор		28,03	–1,13	26,59	–0,90	27,31	–1,02
Камелеон		28,00	–1,16	24,71	–2,78	26,36	–1,97
Лумп		28,03	–1,13	25,83	–1,66	26,93	–1,40
Аксайский усатый 5, st	РутМост+ СемяСтарт	29,56	–	25,30	–	27,43	–
Астронавт		33,13	+3,57	25,50	+0,02	29,32	+1,89
Бельмондо		27,13	–2,43	25,68	+0,38	26,41	–1,02
Болдор		28,78	–0,78	25,58	+0,28	27,18	–0,25
Камелеон		29,12	–0,44	25,34	+0,04	27,23	–0,20
Лумп		27,15	–2,41	23,66	–1,64	25,41	–2,02
Х ср.	–	28,56	–	25,66	–	–	–
V, %	–	5,59	–	5,15	–	–	–

Выводы

Благоприятные по влагообеспеченности условия 2023 г. способствовали более высокой продуктивности у изучаемых сортов гороха. В среднем за два года наибольшее количество бобов (7,04 шт.) и число семян в бобе (4,16 шт.) сформировал сорт Лумп в варианте с препаратами РутМост+СемяСтарт для обработки семян перед посевом. Наибольшее количество семян на растении (21,83 шт.) сформировал сорт Астронавт в варианте опыта ПроРостим. Самым результативным по признаку «Масса 1000 семян»

был сорт Камелеон: на контроле – 267,28 г; в варианте ПроРостим – 265,40 г. В варианте РутМост+СемяСтарт самые крупные семена формировал сорт Бельмондо – 266,11 г.

Положительные прибавки урожайности установлены только в условиях 2023 г., когда у всех сортов была получена урожайность выше, чем у стандартного сорта Аксайский усатый 5. Среди изучаемых препаратов наибольшие прибавки урожайности обеспечил ПроРостим: в 2022 г. превышение над контролем составило +0,36 т/га, в 2023 г. – +0,71 т/га.

В среднем за два года самое высокое содержание белка в семенах (29,32%) отмечено у сорта Астронавт в варианте опыта РутМост+СемяСтарт.

Библиографический список

1. Гурьев Г.П. Влияние внешних факторов среды на функционирование бобово-ризобияльного симбиоза у гороха // *Зернобобовые и крупяные культуры*. – 2015. – № 4 (16). – С. 22–26.
2. Зотиков В.И., Сидоренко В.С., Грядунова Н.В. Развитие производства зернобобовых культур в Российской Федерации // *Зернобобовые и крупяные культуры*. – 2018 – № 2 (26). – С. 4–10.
3. Завалин А.А. Применение биопрепаратов при возделывании полевых культур // *Достижения науки и техники АПК*. – 2011. – № 8. – С. 9–11.
4. Кривошеев С.И., Шумаков В.А., Гаврилова Т.В. Влияние предпосевной обработки семян биопрепаратами и микроудобрениями на посевные качества и урожайность различных сортов гороха // *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии*. – 2018. – № 6. – С. 40–44.
5. Гусев М.В., Минеева Л.А. Микробиология: Учебник. – М.: Изд-во МГУ, 1992. – 448 с.
6. Стрельцова Л.Г., Жогалева О.С. Изменчивость показателей качества сортов гороха Донской селекции под действием органоминеральных микроудобрений // *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. – 2021. – № 5 (199). – С. 49–54.
7. Минаева О.М., Акимова Е.Е., Евдокимов Е.В. Кинетические аспекты ингибирования роста фитопатогенных грибов ризосферными бактериями // *Прикладная биохимия и микробиология*. – 2008. – Т. 44, № 5. – С. 565–570.
8. Елисеева Л.В., Елисеев И.П., Михайлова Н.Н. Влияние биоорганического удобрения ПроРостим на урожайность гороха // *Перспективы развития механизации, электрификации и автоматизации сельскохозяйственного производства: Материалы IV Международной научно-практической конференции*. – Чебоксары, 2022. – С. 259–263.
9. Зональные системы земледелия Ростовской области на 2022–2026 годы: Справочник / Сост. А.И. Клименко, А.В. Гринько, А.И. Грабовец и др. – Ростов-на-Дону: Федеральный Ростовский аграрный научный центр, 2022. – 736 с.
10. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Вып. 2. Зерновые, крупяные, зернобобовые, кукуруза и кормовые культуры / Госагропром СССР; Государственная комиссия по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур. – М., 1989. – 194 с.
11. ГОСТ 10842–89. Зерно зерновых и бобовых культур и семена масличных культур. Метод определения массы 1000 зерен или 1000 семян. – Введ. 01.07.1991. – М.: Стандартинформ, 2009. – 3 с.
12. ГОСТ 10846–91. Зерно и продукты его переработки. Метод определения белка. – Введ. 01.06.1993. – М.: Стандартинформ, 2009. – 7 с.
13. Арженовская Ю.Б., Кувишинова Е.К., Головкин А.С. Продуктивность новых сортов гороха посевного на черноземе обыкновенном южной зоны Ростовской области // *Известия Санкт-Петербургского ГАУ*. – 2024. – № 3 (77). – С. 9–18.

PECULIARITIES OF USING BIOORGANIC FERTILIZERS ON LEAFLESS PEA VARIETIES

YU.B. ARZHENOVSKAYA, E.K. KUVSHINOVA

(Azov-Black Sea Engineering Institute, Don State Agrarian University)

Recently, the safety of agricultural products has become a rather relevant aspect. One of the ways to solve this problem is the use of biological preparations. The aim of the research was to determine the effectiveness of using bioorganic fertilizers on leafless varieties of peas. The article presents the results of research into the effect of bioorganic fertilizers on the productivity elements of pea varieties. Pea seeds were treated with the studied preparations before sowing and during vegetation. The elements of the crop structure were analyzed, the yield of varieties was taken into account, and the quality of seeds was assessed by protein content. In 2022, the varieties formed 2.76 beans per plant, and in 2023, which was favorable in terms of precipitation, they got 7.00 beans per plant. On the average for two years, the Kameleon variety formed the largest number of beans on the control (5.43 pcs.), the Astronavi variety treated with the ProRostim preparation formed 6.76 beans, and the Lump variety treated with the RutMost and SemyaStart preparations formed 7.04 beans. The Lump variety should be emphasized. When treated with the RutMost and SemyaStart preparations it formed on average 4.16 seeds per pod. The ProRostim preparation and the RutMost and SemyaStart preparations contributed to the formation of the highest number of seeds per plant in the Astronavi variety – 21.83 and 20.41 seeds, respectively. The varieties formed the higher mass of 1000 seeds in the conducted experiment (249.78 g) in the favorable 2023. Positive increases in yield were observed only in 2023, when all the varieties had higher yields than the standard Aksayskiy usatiy 5 variety. Among the studied preparations, ProRostim provided the highest yield increases (the excess over the control was +0.36 t/ha in 2022, +0.71 t/ha in 2023). The highest protein content in seeds, averaged over two years, was observed in the Astronavi variety (29.32%) treated with the RutMost and SemyaStart preparations.

Keywords: pea, variety, bioorganic fertilizer, seed treatment, structure elements, yield, increase, protein content, correlation.

References

1. Gurjev G.P. Influence of external factors of medium on functioning pod-rhizobial symbiosis of peas. *Legumes and Groat Crops*. 2015;4(16):22–26. (In Russ.)
2. Zotikov V.I., Sidorenko V.S., Gryadnova N.V. Development of leguminous crops production in the Russian Federation. *Legumes and Groat Crops*. 2018;2(26):4–10. (In Russ.)
3. Zavalin A.A. The use of biologics in the cultivation of field crops. *Achievements of Science and Technology in Agro-Industrial Complex*. 2011;08:9–11. (In Russ.)
4. Krivosheev S.I., Shumakov V.A., Gavrilova T.V. Effect of pre-sowing seed treatment with biopreparations and microfertilizers on sowing qualities and yield of different pea varieties. *Vestnik Kurskoy gosudarstvennoy selskokhozyaystvennoy akademii*. 2018;6:40–44. (In Russ.)
5. Gusev M.V., Mineeva L.A. *Microbiology: a textbook*. Moscow, Russia: Lomonosov Moscow State University, 1992:448. (In Russ.)
6. Streltsova L.G., Zhogaleva O.S. The variability of quality indices of pea varieties of Don breeding under the influence of organomineral microfertilizers. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2021;5(199):49–54. (In Russ.)

7. Minaeva O.M., Akimova E.E., Evdokimov E.V. Kinetic aspects of inhibition of the phytopathogenic fungi growth by rhizosphere bacteria. *Applied Biochemistry and Microbiology*. 2008;44(5):512–517. (In Russ.)

8. Eliseeva L.V., Eliseev I.P., Mikhaylova N.N. Influence of ProRostim bioorganic fertilizer on pea yield. *IV Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya 'Perspektivy razvitiya mekhanizatsii, elektrifikatsii i avtomatizatsii selskokhozyaystvennogo proizvodstva'*. February 25, 2022. Cheboksary, Russia: Chuvash State Agrarian University, 2022:259–263. (In Russ.)

9. *Zonal farming systems of the Rostov Region for 2022–2026*: a reference book. Compiled by A.I. Klimenko, A.V. Grinko, A.I. Grabovets et al. Rostov-on-Don, Russia: Federal Rostov Agricultural Research Centre, 2022:736. (In Russ.)

10. *Methods of state variety testing of agricultural crops. Issue. 2: Cereals, cereals, legumes, corn and fodder crops*. Gosagroprom of USSR; State Commission for variety testing of agricultural crops. Moscow, USSR, 1989: 194. (In Russ.)

11. GOST 10842–89. Grain of cereals and legumes and oilseeds. Method for determining the weight of 1000 grains or 1000 seeds. Introduced 01.07.1991. Moscow, Russia: Standardinform, 2009:3. (In Russ.)

12. GOST 10846–91. Grain and products of its processing. Method for determination of protein. Introduced 01.06.1993. Moscow, UDDR: Standardinform, 2009:7. (In Russ.)

13. Arzhenovskaya Yu.B., Kuvshinova E.K., Golovko A.S. Productivity of new varieties of pea on ordinary chernozem in the southern zone of the Rostov Region. *Izvestiya Saint-Petersburg State Agrarian University*. 2024;3(77):9–18. (In Russ.) <https://doi.org/10.24411/2078-1318-2024-3-9-18>

Сведения об авторах

Арженовская Юлия Борисовна, аспирант кафедры агрономии и селекции сельскохозяйственных культур, Азово-Черноморский инженерный институт – филиал Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донской государственный аграрный университет» в г. Зернограде; 347740, Российская Федерация, Ростовская область, г. Зерноград, ул. Ленина, 21; e-mail: missismart@gmail.com; тел.: (928) 627–93–35

Кувшинова Елена Константиновна, канд. с.-х. наук, доцент, доцент кафедры агрономии и селекции сельскохозяйственных культур, Азово-Черноморский инженерный институт – филиал Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донской государственный аграрный университет» в г. Зернограде; 347740, Российская Федерация, Ростовская область, г. Зерноград, ул. Ленина, 21; e-mail: kuv.ek61@yandex.ru; тел.: (909) 407–30–82

Information about authors

Julia B. Arzhenovskaya, postgraduate student of the Department of Agronomy and Crop Breeding, Azov-Black Sea Engineering Institute, Don State Agrarian University (21 Lenina St., Zernograd, Rostov Region, 127550, Russian Federation); phone: (928) 627–93–35; e-mail: missismart@gmail.com

Elena K. Kuvshinova, CSc (Ag), Associate Professor, Associate Professor at the Department of Agronomy and Crop Breeding, Azov-Black Sea Engineering Institute, Don State Agrarian University (21 Lenina St., Zernograd, Rostov Region, 127550, Russian Federation); phone: (909) 407–30–82; e-mail: kuv.ek61@yandex.ru

РОСТОВАЯ МОДЕЛЬ ПРОГНОЗА ПРОДУКТИВНОСТИ
TRITICUM AESTIVUM L. СОРТА ЛЮБАВА НА ФОНЕ ПРЕДПОСЕВНОЙ
ОБРАБОТКИ СЕМЯН И НЕКОРНЕВОЙ ПОДКОРМКИ
ГУМИНОВЫМ КОМПЛЕКСОМ «ЭКОБИОСФЕРА Б»

В.С. ВИНОГРАДОВА¹, С.А. БОРОДИЙ¹, И.И. ГОЛОКТИОНОВ², О.Г. КАРАТАЕВА²

(¹Костромская ГСХА

²Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева)

Приведены результаты разработки ростовых моделей прогноза урожайности яровой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) сорта Любава, основанных на значении эмпирических параметров посева, полученных в ранние фазы развития растения, прогнозируемых тепловых ресурсов периода вегетации текущего года и коэффициентов эффективности препарата «Экобиосфера Б» в условиях опытного поля Костромской ГСХА (Костромской район Костромской области). Установлено, что гуминовый комплекс «Экобиосфера Б» оказывал влияние на развитие растений *T. aestivum* L. Любава, сокращая межфазный период в середине вегетации на 7 суток по сравнению с контрольными (без обработки) растениями. Рассчитана теплоемкость фенологических фаз развития, обеспечивающая возможность прогнозирования календарных сроков фенологических фаз развития от даты посева до уборочной спелости на основании прогноза тепловых ресурсов текущего года. Имитационно-динамические ростовые модели сезонного прогноза фитометрических параметров, с корректировкой на эффективность нормы расхода и кратности применения гуминового комплекса «Экобиосфера Б» как регулятора роста и развития, работали с точностью: «Экобиосфера Б» (0,5 л/т семян + 0,5 л/га в фазу кущения): высота растения – 98,32%, массы фитоорганов влажностью 13%: наземная активная фитомасса – 95,1%, листьев – 83,54%, стебля – 91,08%, элементов колоса – 87,23%, плодов – 98,24%; «Экобиосфера Б» (1,0 л/т семян + 1,0 л/га в фазу кущения): высота растения – 98,47%, массы фитоорганов влажностью 13%: наземная активная фитомасса – 87,5%, листьев – 64,57%, стебля – 85,46%, элементов колоса – 61,09%, плодов – 96,11%. Модели обеспечивают возможность прогнозировать продуктивность растений и урожайность *T. aestivum* L. Любава в производственных условиях минимум за 80–90 суток до уборочной спелости и при необходимости скорректировать технологию возделывания культуры в течение периода вегетации с целью повышения экономической эффективности производства.

Ключевые слова: яровая пшеница, *Triticum aestivum* L., сорт, семена, прогноз, рост, фенологические фазы, математическая имитационно-динамическая модель.

Введение

Разработка и внедрение в сельскохозяйственное производство цифровых технологий подразумевают создание искусственного интеллекта, помогающего принимать оптимальные решения для управления продукционным процессом растений. В настоящее время накоплены обширные фактические данные по управлению продукционным процессом растений на основе эффективности технологических операций на урожайность культур: например, эффективность гуматов, способов обработки почвы, средств защиты растений от вредоносных объектов, применения ассортимента и норм минеральных и органических удобрений и др. [2, 6].

Постоянное совершенствование способов управления формированием урожая требует изучения эффективности новых препаратов, одним из которых

является удобрительный комплекс «Экобиосфера Б», разработанный на предприятии ООО «ЭкоБиосфера» (Россия).

Применяемые в настоящее время методики планирования урожайности основаны на параметрах структуры урожая [4], обеспечение которых и является задачей производителя продукции растениеводства. Практическое применение этой методики часто затруднено вследствие сотен неучтенных взаимодействующих и взаимозависимых факторов окружающей среды. Следовательно, в процессе вегетации растений необходим мониторинг агроценозов на ранних стадиях развития растений, что обеспечит возможность оценки экономической и биологической целесообразности способа управления формированием урожая задолго до уборки продукции. Для этого требуются имитационно-мониторинговые динамические ростовые модели, адаптированные к эффективности конкретного способа и культурному растению. Необходимо разработка таких моделей для яровой пшеницы (*Triticum aestivum* L.).

Цель исследований: разработка имитационно-динамических моделей сезонного прогноза для управления ростом и развитием *T. aestivum* L. Любава в производственных условиях на фоне предпосевной обработки семян и некорневой подкормки препаратом «Экобиосфера Б».

Материал и методы исследований

Исследования проводили на опытном поле ФГБОУ ВО «Костромская ГСХА» в 2023 г. Семена яровой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) сорта Любава обрабатывали перед посевом гуминовым комплексом «Экобиосфера Б». Посев проводили 06.05.2023 г. на фоне естественного плодородия почвы. В фазу кущения (6 июня) растения обработали этим же комплексом в соответствии со схемой опыта. Почва участка – дерново-подзолистая, среднесуглинистая; pH – 4,86; содержание в почве гумуса – 1,74%, P_2O_5 – 182,0 мг/кг, K_2O – 73,0 мг/кг, Ca – 3,99 моль/100 г, Mg – 0,56 моль/100 г. Предшественник – лен-долгунец (*Linum usitatissimum* L.). Технология возделывания – общепринятая для Костромской области: зяблевая вспашка на глубину 20,0–22,0 см; предпосевная культивация с выравниванием и прикатыванием на глубину 4,0–5,0 см; норма высева всхожих семян – 4,5 млн шт/га; глубина заделки семян – 4,0–5,0 см. Для защиты растений от сорняков применялся гербицид Агритокс (0,9 л/га) в фазу начала кущения.

Состав гуминового комплекса «Экобиосфера Б»: массовая доля сухого вещества – 6,0...7,0%, органического вещества в сухом веществе – 85,0...95,0%, гуминовых кислот – 75,0...85,0%, фульвокислот – 10,0...15,0%; pH_{KCl} – 9,0...10,0; N – 0,4%; P – 0,3%; K – 1,3%.

Схема опыта включала в себя 3 варианта:

1. Без обработки семян (контроль).
 2. «Экобиосфера Б» 0,5 л/т семян + 0,5 л/га в кущение (далее – Семена 0,5+K0,5).
 3. «Экобиосфера Б» 1,0 л/т семян + 1,0 л/га в кущение (далее – Семена 1,0+K1,0).
- Повторность опыта – 3-кратная. Площадь опытной делянки – 15 м².

Обработку проводили методом опрыскивания вегетирующих растений в фазу кущения (06.06.2023 г.) ранцевым опрыскивателем из расчета 200 л/га рабочего раствора.

Учет фенологических фаз развития растений регистрировали по общепринятой методике [5]. При этом в каждой выборке рассчитывали процент растений, достигших той или иной фазы, что обеспечило возможность оценить выровненность развития стеблестоя.

Динамику наземной фитомассы учитывали с интервалом 7 суток от всходов до твердой спелости зерновки. Единичная учетная выборка состояла из 10 растений

в 4-кратной повторности. Измеряли высоту центрального стебля, разделяли наземную часть растения на отдельные фитоорганы, которые взвешивали после подсушивания до влажности 13%. Параметром времени в математических моделях является суммарная энтальпия воздуха, прогноз которой на текущий год, по нашим предыдущим исследованиям, соответствует эмпирическим данным на 99,0...99,50% [7, 8, 10].

Статистическую обработку данных производили с использованием общепринятых методик [3]. Аппроксимацию экспериментальных данных, расчет коэффициентов регрессии и верификацию динамических моделей выполняли при помощи программного пакета Microsoft Office Excel 2019.

Результаты и их обсуждение

Динамика фенологических фаз развития. Нами отмечалось, что обработка семян гуминовым комплексом «Экобиосфера Б» оказывает влияние на развитие *T. aestivum* L., ускоряя его на 7 суток от фазы второго листа до восковой спелости зерновок по сравнению с контрольным (без обработки) вариантом [9]. Обработка растений в фазу кущения способствовала продлению этой тенденции вплоть до начала твердой спелости, причем вариант с дозой препарата 1,0 л/га несколько уступал варианту с дозой 0,5 л/га (табл. 1).

Для сезонного прогноза фенологических фаз развития *T. aestivum* L. с учетом эффекта обработки семян и посева гуминовым комплексом «Экобиосфера Б» была рассчитана теплємкость фаз, обеспечивающая точность прогноза календарных сроков на уровне 95,0–97,0% (табл. 2) [10].

Динамика высоты растения. Модель динамики высоты, равно как и динамики других фитоорганов растения, изначально была рассчитана для контрольного (без обработки гуминовым комплексом «Экобиосфера Б») варианта [9]. Эффект дозирования и кратности применения препарата учтен путем введения в исходные уравнения корректирующего коэффициента при обработке семян [1] и в фазу кущения.

Действие гуминового комплекса наблюдалось уже на 3–4-е сутки после обработки растений в фазу кущения, поскольку высота главного стебля *T. aestivum* L. увеличилась на 31,77–31,98% по сравнению с тем же показателем в контрольном варианте (рис. 1).

Таблица 1

Динамика фенологических фаз развития *T. aestivum* L. Любава на фоне обработки семян и вегетирующих растений препаратом «Экобиосфера Б», % растений, 2023 г.

Фенологическая фаза развития	Вариант	Дата											
		14.05	19.05	26.05	01.06	30.06	06.07	14.07	20.07	29.07	04.08	11.08	18.08
всходы	Без обработки (контроль) ¹	100											
	Семена 0,5+K0,5 ²	100											
	Семена 1,0+K1,0 ³	100											
1-й лист	Без обработки (контроль)		100										
	Семена 0,5+K0,5		100										
	Семена 1,0+K1,0												

Фенологическая фаза развития	Вариант	Дата											
		14.05	19.05	26.05	01.06	30.06	06.07	14.07	20.07	29.07	04.08	11.08	18.08
2-й лист	Без обработки (контроль)			70									
	Семена 0,5+K0,5			30									
	Семена 1,0+K1,0		100										
3-й лист	Без обработки (контроль)			30	60								
	Семена 0,5+K0,5			70	78								
	Семена 1,0+K1,0			100									
колошение	Без обработки (контроль)					10	10						
	Семена 0,5+K0,5					100							
	Семена 1,0+K1,0					90							
цветение	Без обработки (контроль)						10	30					
	Семена 0,5+K0,5						80	10					
	Семена 1,0+K1,0						60	30					
формирование зерновки	Без обработки (контроль)							70	10				
	Семена 0,5+K0,5							90					
	Семена 1,0+K1,0							70	20				
молочная спелость	Без обработки (контроль)								90	60			
	Семена 0,5+K0,5								100	20			
	Семена 1,0+K1,0								80	40			
молочно-восковая спелость	Без обработки (контроль)									40	80		
	Семена 0,5+K0,5									80	20		
	Семена 1,0+K1,0									60	50		
восковая спелость	Без обработки (контроль)										20	100	
	Семена 0,5+K0,5										80	100	
	Семена 1,0+K1,0										50	100	
твердая спелость	Без обработки (контроль)												100
	Семена 0,5+K0,5												100
	Семена 1,0+K1,0												100

Примечание. 1 – Без обработки – без обработки семян и посева; 1 – Семена 0,5 + K0,5 – «Экобиосфера Б» 0,5 л/т семян + 0,5 л/га в кушение; 3 – Семена 1,0 + K1,0 – «Экобиосфера Б» 1,0 л/т семян + 1,0 л/га в кушение.

Таблица 2

Теплоемкость фенологических фаз развития *T. aestivum* L. Любава на фоне обработки семян и вегетирующих растений гуминовым комплексом «Экобиосфера Б»

Фаза развития	Без обработки семян (контроль)		Экобиосфера Б 0,5 л/т семян + + 0,5 л/га в кушение		Экобиосфера Б 1,0 л/т семян + +1,0 л/га в кушение	
	Календарная дата наступления фазы	Суммарная энтальпия воздуха, кДж/кг	Календарная дата наступления фазы	Суммарная энтальпия воздуха, кДж/кг	Календарная дата наступления фазы	Суммарная энтальпия воздуха, кДж/кг
Посев	06.05.2023	0	06.05.2023	0	06.05.2023	0
Всходы	14.05.2023	159,59	14.05.2023	159,59	14.05.2023	159,59
1-й лист	19.05.2023	315,50	19.05.2023	315,50	*	*
2-й лист	26.05.2023	582,30	26.05.2023	582,30	19.05.2023	315,50
3-й лист	01.06.2023	745,23	01.06.2023	745,23	26.05.2023	582,30
Кушение	09.06.2023	1017,88	09.06.2023	1017,88	09.06.2023	1017,88
Выход в трубку	23.06.2023	1438,95	16.06.2023	1234,92	16.06.2023	1234,92
Колошение	30.06.2023	1716,27	30.06.2023	1716,27	30.06.2023	1716,27
Цветение	06.07.2023	1972,98	06.07.2023	1972,98	06.07.2023	1972,98
Формирование зерновки	14.07.2023	2294,83	14.07.2023	2294,83	14.07.2023	2294,83
Молочная спелость	20.07.2023	2560,82	20.07.2023	2560,82	20.07.2023	2560,82
Молочно-восковая спелость	04.08.2023	3259,13	29.07.2023	2963,03	29.07.2023	2963,03
Восковая спелость	11.08.2023	3642,04	04.08.2023	3259,13	04.08.2023	3259,13
Твердая спелость	18.08.2023	4001,35	18.08.2023	4001,35	18.08.2023	4001,35

*Нет данных.

Система уравнений, составляющая модель прогноза высоты растений *T. aestivum* L., представлена в таблице 3.

Включение в регрессионные уравнения динамического коэффициента (h') и коэффициента обработки (H'') обеспечивает динамичность модели с учетом эффективности 2-кратного применения препарата «Экобиосфера Б»:

$$\begin{aligned}
 h_s &= h + (h \cdot H''); \\
 h &= f(Cp) + h'; \\
 h' &= hf - f(Cpf),
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

где h_s – прогнозируемая высота растения, см; h – расчетная высота растения, см (табл. 3); Cp – суммарная энтальпия воздуха, КДж/кг; H'' – коэффициент обработки (табл. 3); $f(Cp)$ – уравнение динамики высоты растения (табл. 3); h' – динамический коэффициент; hf – эмпирическая высота растения на календарную дату начала расчета прогноза, см; Cpf – суммарная энтальпия воздуха от календарной даты посева до даты учета, КДж/кг.

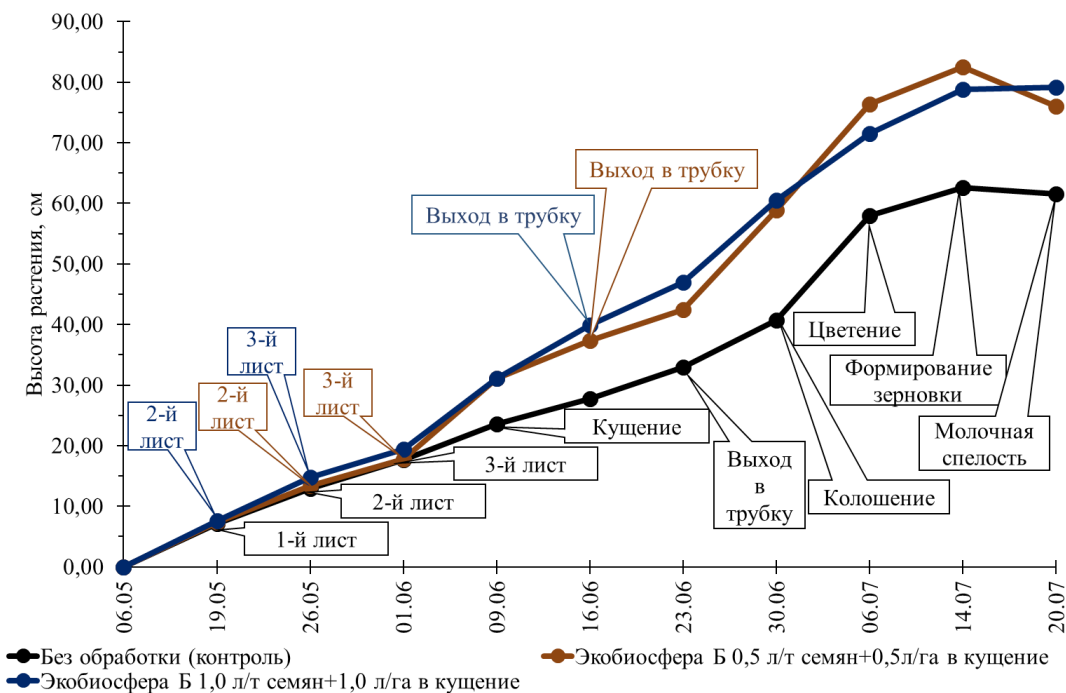


Рис. 1. Динамика высоты растения *T. aestivum* L. Любава, 2023 г. (ориг.)

Таблица 3

Система уравнений динамики высоты растений *T. aestivum* L. Любава

Диапазон суммарной энтальпии воздуха, C_p , КДж/кг	Уравнение динамики высоты растения, см	Коэффициент обработки H''	
		«Экобиосфера Б» 0,5 л/т семян + + 0,5 л/га в кущение	«Экобиосфера Б» 1,0 л/т семян + + 1,0 л/га в кущение
315,50...1017,87	$h = 0,0201 \cdot Cp^{1,0195}$	0,0000	0,0000
1017,88...1716,26	$h = 0,0201 \cdot Cp^{1,0195}$	0,3198	0,3177
1716,27...1972,97	$h = 0,0674 \cdot Cp - 74,8850$	0,3198	0,3177
1972,98...2560,82	$h = 30,5070 \cdot \ln(Cp) - 173,4600$	0,3198	0,3177

Эмпирические данные динамики высоты в течение периода вегетации пшеницы соответствовали расчетным на 98,32% в варианте Семена 0,5+K0,5 и 98,47% в варианте Семена 1,0+K1,0 (табл. 4).

Прогноз динамики высоты посева рекомендуется для заблаговременного принятия решения о необходимости обработки посева ретардантами при опасности полегания стеблестоя.

Верификация модели прогноза динамики высоты *T. aestivum* L. Любава

Дата учета	Суммарная энтальпия воздуха, КДж/кг	Высота, см			
		«Экобиосфера Б» 0,5 л/т семян + + 0,5 л/га в кущение		«Экобиосфера Б» 1,0 л/т семян + + 1,0 л/га в кущение	
		Э	П	Э	П
19.05.2023	315,50	7,37	7,37	7,63	7,63
26.05.2023	582,30	13,42	13,53	14,78	13,79
01.06.2023	745,23	17,82	17,32	19,46	17,58
09.06.2023	1017,88	31,16	31,27	31,11	31,56
16.06.2023	1234,92	37,31	38,00	39,96	38,28
23.06.2023	1438,95	42,49	44,35	46,94	44,62
30.06.2023	1716,27	58,86	54,20	60,54	54,46
06.07.2023	1972,98	76,32	76,92	71,56	77,14
14.07.2023	2294,83	82,49	83,00	78,85	83,21
20.07.2023	2560,82	76,03	87,42	79,15	87,62
R ²		0,9832		0,9847	

Примечание. Э – эмпирическое значение; П – прогнозируемое значение.

Динамика активной наземной фитомассы. Наземная активная (фотосинтезирующая) фитомасса при 2-кратной обработке *T. aestivum* L. на 3–4-е сутки после подкормки в фазу кущения увеличилась на 76,56–88,28% относительно растений контрольного варианта (рис. 2).

Аппроксимация сезонной динамики фитомассы системой уравнений (табл. 5) с учетом динамического коэффициента и коэффициента обработки обеспечила точность работы прогностической модели (2) на уровне 87,5–95,1% (табл. 6).

$$\begin{aligned}
 Ma_s &= Ma + (Ma * M''); \\
 Ma &= f(Cp) + Ma'; \\
 Ma' &= Maf - f(Cpf),
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

где Ma_s – прогнозируемая наземная активная фитомасса (влажность 13%), г/растение; Ma – расчетная наземная активная фитомасса (влажность 13%), г/растение (табл. 5); Cp – суммарная энтальпия воздуха, КДж/кг; M'' – коэффициент обработки (табл. 5); $f(Cp)$ – уравнение динамики воздушно-сухой (13%) наземной активной фитомассы растения (табл. 5); Ma' – динамический коэффициент, г/растение; Maf – эмпирическая наземная активная фитомасса (13%-ной влажности) на календарную дату учета, г/растение; Cpf – эмпирическая суммарная энтальпия воздуха от календарной даты посева до календарной даты учета, КДж/кг.

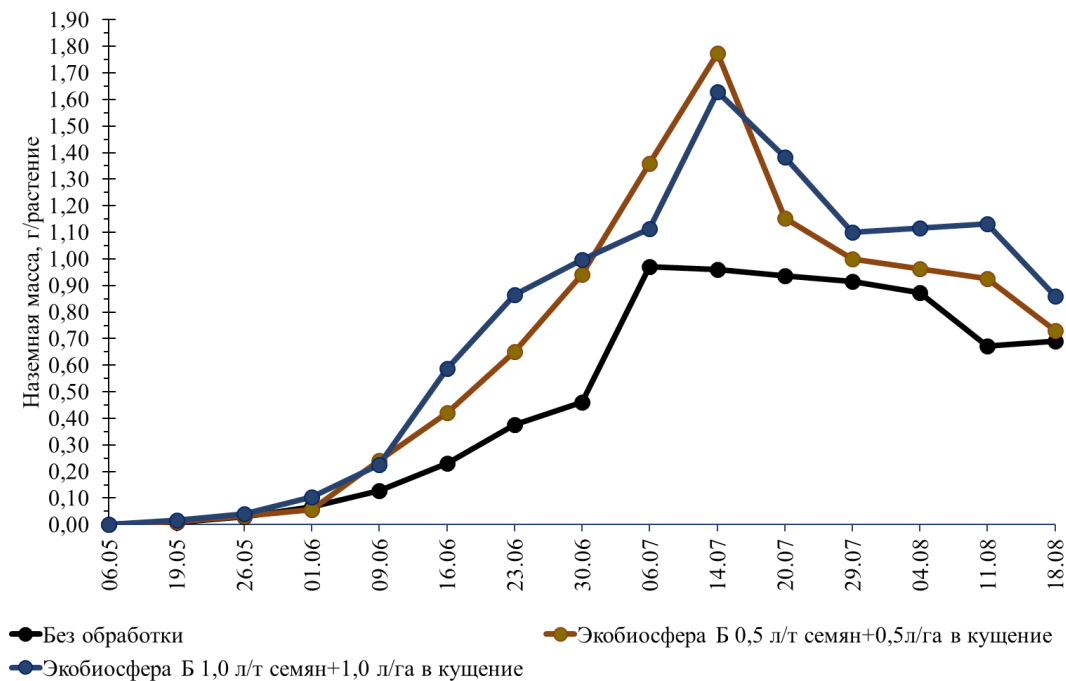


Рис. 2. Динамика наземной активной фитомассы (влажность 13%) *T. aestivum* L. Любава, 2023 г. (ориг.).

Таблица 5

Система уравнений динамики наземной активной фитомассы растений *T. aestivum* L. Любава

Диапазон суммарной энтальпии воздуха, C_p , КДж/кг	Уравнение динамики наземной активной фитомассы, г/растение	Коэффициент обработки M''	
		«Экобиосфера Б» 0,5 л/т семян + + 0,5 л/га в кушение	«Экобиосфера Б» 1,0 л/т семян + + 1,0 л/га в кушение
315,50...1017,87	$Ma = 0,0069 \cdot e^{0,0026C_p}$	0,0000	0,0000
1017,88...1972,97	$Ma = 0,0069 \cdot e^{0,0026C_p}$	0,8828	0,7656
1972,98...2294,82	$Ma = -7E - 0,5 \cdot C_p + 1,1265$	0,8828	0,7656
2294,83...2560,81	$Ma = -7E - 0,5 \cdot C_p + 1,1265$	0,8489	0,6969
2560,82...3259,12	$Ma = -7E - 0,5 \cdot C_p + 1,1265$	0,2288	0,4763
3259,13...4001,35	$Ma = 11382 \cdot C_p^{-1,177}$	0,2288	0,4763

Динамика массы листьев. Увеличение массы листьев *T. aestivum* L. в вариантах с применением комплекса «Экобиосфера Б» по сравнению с контрольным, наблюдавшееся еще в начале вегетации как эффект обработки семян [1], при обработке в фазу кушения проявилось к середине июня, то есть к фазе начала выхода в трубку (рис. 3).

Таблица 6

**Верификация модели прогноза динамики массы фитоорганов (влажность 13%)
T. aestivum L. Любава**

Дата учета	Суммарная энтальпия воздуха, кДж/кг	Наземная активная фитомасса, г/растение		Масса листьев, г/растение		Масса стебля, г/растение		Масса эле- ментов коло- са, г/растение		Масса плодов, г/растение	
		Э	П	Э	П	Э	П	Э	П	Э	П
«Экобиосфера Б» 0,5 л/т семян + 0,5 л/га в кушение											
19.05.2023	315,50	0,012	0,012	0,012	0,012						
26.05.2023	582,30	0,033	0,028	0,033	0,027						
01.06.2023	745,23	0,056	0,044	0,046	0,038	0,010	0,008				
09.06.2023	1017,88	0,241	0,176	0,149	0,119	0,092	0,068				
16.06.2023	1234,92	0,421	0,315	0,209	0,165	0,212	0,160				
23.06.2023	1438,95	0,652	0,541	0,220	0,205	0,432	0,326				
30.06.2023	1716,27	0,941	1,119	0,145	0,167	0,666	0,642	0,130	0,124		
06.07.2023	1972,98	1,358	1,854	0,120	0,191	0,917	1,147	0,151	0,189		
14.07.2023	2294,83	1,775	1,779	0,086	0,095	1,289	1,055	0,400	0,328		
20.07.2023	2560,82	1,152	1,159	0,028	0,020	0,801	0,655	0,148	0,124	0,175	0,251
29.07.2023	2963,03	0,999	1,125			0,345	0,315	0,146	0,149	0,508	0,544
04.08.2023	3259,13	0,963	1,021					0,140	0,177	0,629	0,672
11.08.2023	3642,04	0,927	0,895					0,177	0,139	0,750	0,772
18.08.2023	4001,35	0,730	0,801							0,730	0,829
R ²		0,9510		0,8354		0,9108		0,8723		0,9824	
«Экобиосфера Б» 1,0 л/т семян + 1,0 л/га в кушение											
19.05.2023	315,50	0,016	0,016	0,016	0,016						
26.05.2023	582,30	0,041	0,032	0,041	0,030						
01.06.2023	745,23	0,104	0,048	0,077	0,039	0,027	0,012				
09.06.2023	1017,88	0,226	0,172	0,148	0,108	0,078	0,060				
16.06.2023	1234,92	0,588	0,303	0,300	0,144	0,288	0,139				
23.06.2023	1438,95	0,864	0,514	0,301	0,171	0,563	0,342				
30.06.2023	1716,27	0,998	1,057	0,190	0,182	0,680	0,764	0,128	0,128		

Дата учета	Суммарная энтальпия воздуха, кДж/кг	Наземная активная фитомасса, г/растение		Масса листьев, г/растение		Масса стебля, г/растение		Масса элементов колоса, г/растение		Масса плодов, г/растение	
		Э	П	Э	П	Э	П	Э	П	Э	П
06.07.2023	1972,98	1,114	1,746	0,128	0,179	0,843	1,318	0,143	0,274		
14.07.2023	2294,83	1,629	1,640	0,113	0,089	1,154	1,149	0,362	0,380		
20.07.2023	2560,82	1,384	1,399	0,053	0,044	0,917	0,925	0,172	0,209	0,242	0,349
29.07.2023	2963,03	1,100	1,357			0,331	0,410	0,164	0,158	0,605	0,686
04.08.2023	3259,13	1,116	1,232					0,170	0,166	0,667	0,828
11.08.2023	3642,04	1,132	1,081					0,222	0,176	0,910	0,938
18.08.2023	4001,35	0,860	0,968							0,860	0,999
R ²		0,8750		0,6457		0,8546		0,6109		0,9611	

Примечание. Э – эмпирическое значение; П – прогнозируемое значение.

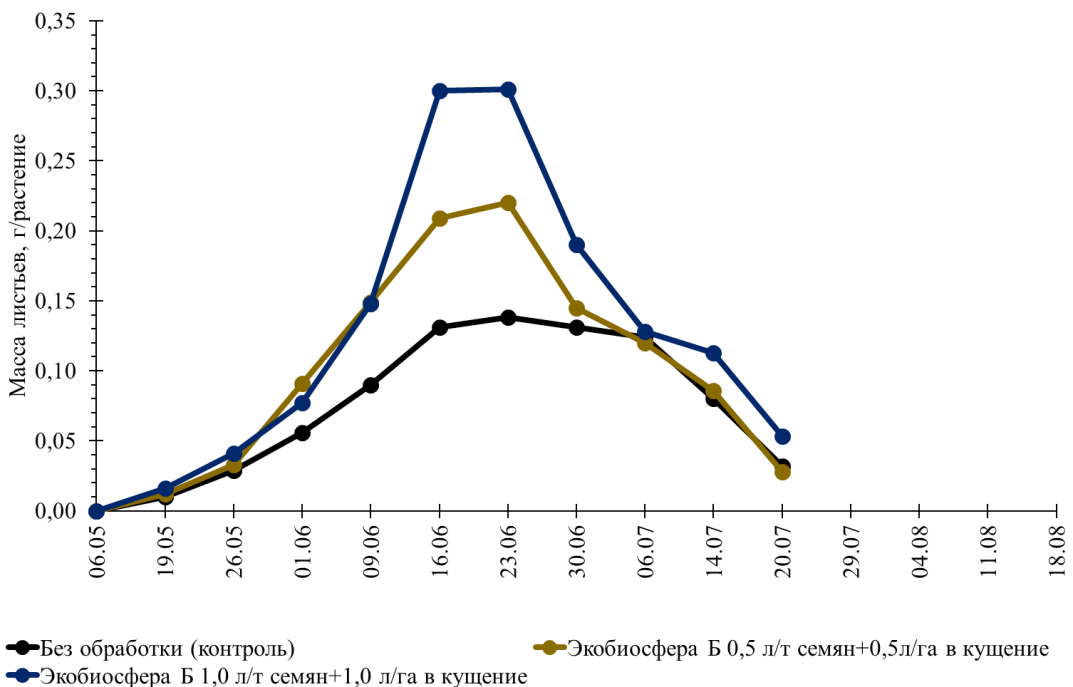


Рис. 3. Динамика массы листьев (влажность 13%) *T. aestivum* L. Любава, 2023 г. (ориг.)

Поскольку методика учета эмпирической массы листьев, примененная нами в эксперименте и заключающаяся в отделении листьев от остальных фитоорганов, в условиях сельскохозяйственного предприятия является неприменимой вследствие ее трудоемкости при неизбежно большом количестве учетных выборок, модель

прогноза массы листьев (равно как и других фитоорганов) *T. aestivum* L. построена на произведении прогнозируемой величины наземной активной фитомассы и прогнозируемого коэффициента листьев, а также других фитоорганов:

$$M(l, s, g, p) = Ma_s \cdot K(l, s, g, p), \quad (3)$$

где Ma_s – прогнозируемые значения надземной активной фитомассы, г/растение (влажность 13%); Kl, Ks, Kg, Kp – соответственно прогнозируемые коэффициенты листьев, стебля, элементов колоса, плодов, безразмерные; Ml, Ms, Mg, Mp – соответственно прогнозируемая масса листьев, стебля, элементов колоса, плодов, г/растение (влажность 13%).

На период вегетации *T. aestivum* L. динамика коэффициента листьев (Kl) аппроксимирована системой уравнений индивидуально для каждой дозы препарата «Экобиосфера Б» (табл. 7).

Прогнозируемая масса листьев *T. aestivum* L. соответствовала эмпирическим значениям на 83,54% в варианте Семена 0,5+K0,5 и на 64,57% в варианте Семена 1,0+K1,0 (табл. 6).

В практике производства продукции урожайность пшеницы (Y) рассчитывается как произведение массы одного растения (Ma_s) (или фитооргана растения ($M(l, s, g, p)$)) на количество растений на единице площади (G):

$$Y = Ma_s \cdot G. \quad (4)$$

Динамика массы стебля. Интенсивный рост стебля *T. aestivum* L. наблюдался от фазы выхода в трубку и продолжался до цветения, что объясняется биологическими особенностями однолетнего растения (рис. 4).

Сезонная динамика коэффициента стебля (Ks) рассчитывается в зависимости от суммарной энтальпии воздуха (Cp) по системе уравнений (табл. 8).

Точность работы модели (3) составляла 85,46–91,08% в зависимости от варианта опыта (табл. 6).

Динамика массы элементов колоса. Масса элементов колоса *T. aestivum* L. складываясь из хозяйственно-непродуктивных частей соцветия (ось, колосковые и цветковые чешуи), достигала максимума в середине июля, что соответствовало фазе формирования и роста зерновки (рис. 5).

Таблица 7

Система уравнений динамики коэффициента листьев растений *T. aestivum* L. Любава

Диапазон суммарной энтальпии воздуха, Cp , КДж/кг	Уравнение динамики коэффициента листьев (Kl)	
	«Экобиосфера Б» 0,5 л/т семян + 0,5 л/га в кушение	«Экобиосфера Б» 1,0 л/т семян + 1,0 л/га в кушение
315,50...582,29	$Kl = 1,0000$	$Kl = 1,0000$
582,30...1716,26	$Kl = -0,0007 \cdot Cp + 1,2892$	$Kl = -0,0007 \cdot Cp + 1,3393$
1716,27...2560,82	$Kl = -0,0007 \cdot \ln(Cp) + 2,5992$	$Kl = 5,3182 \cdot e^{-0,002Cp}$
R^2	0,9957	0,9902

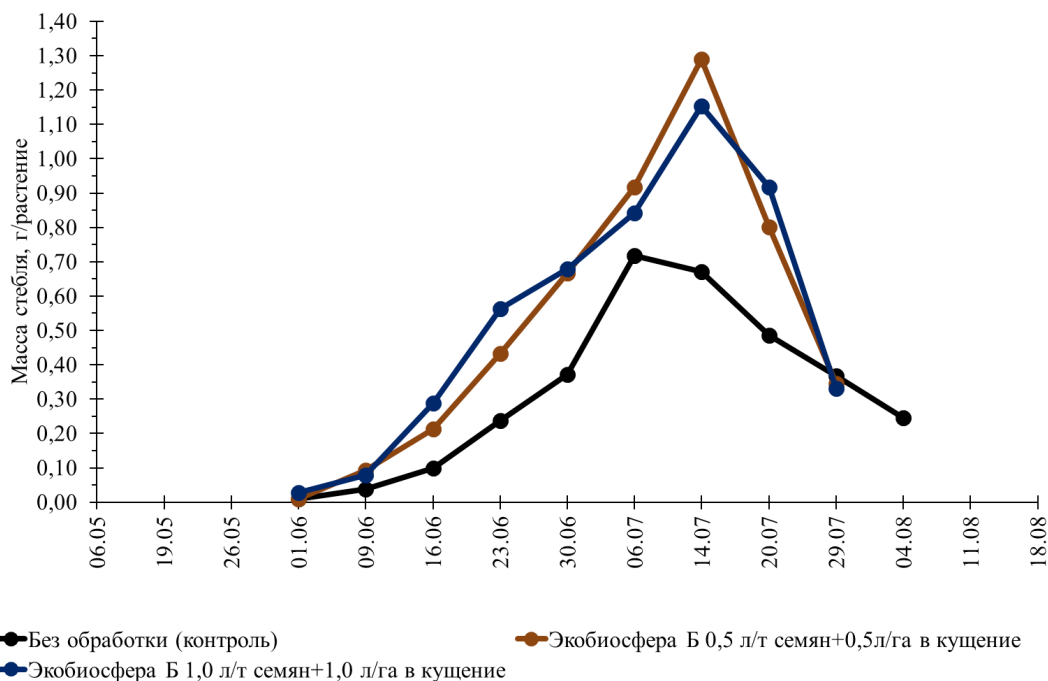


Рис. 4. Динамика массы стебля (влажность 13%) *T. aestivum* L. Любава, 2023 г.(ориг.)

Таблица 8

Система уравнений динамики коэффициента стебля растений *T. aestivum* L. Любава

Диапазон суммарной энтальпии воздуха, C_p , КДж/кг	Уравнение динамики коэффициента стебля (K_s)	
	«Экобиосфера Б» 0,5 л/т семян + 0,5 л/га в кушение	«Экобиосфера Б» 1,0 л/т семян + 1,0 л/га в кушение
745,23...1972,97	$K_s = 0,6273 \cdot \ln(C_p) - 3,9579$	—
1972,98...2560,81	$K_s = 16,152 \cdot C_p^{-0,401}$	—
2560,82...2963,03	$K_s = -2,399 \cdot \ln(C_p) + 19,522$	—
745,23...1438,94	—	$K_s = 0,0924 \cdot e^{-0,0013 C_p}$
1438,95...1972,97	—	$K_s = 0,4319 \cdot e^{0,0003 C_p}$
1972,98...2963,02	—	$K_s = -0,359 \cdot \ln(C_p) + 3,4789$
2963,02...2963,03	—	$K_s = -2,479 \cdot \ln(C_p) + 20,119$
R^2	0,9903	0,9917

Модель прогноза динамики массы элементов колоса *T. aestivum* L., по прогнозу соответствующего коэффициента, описанного системой уравнений (табл. 9), работала с точностью 61,09–87,23% в зависимости от дозы и кратности отработки препаратом «Экобиосфера Б» (табл. 6).

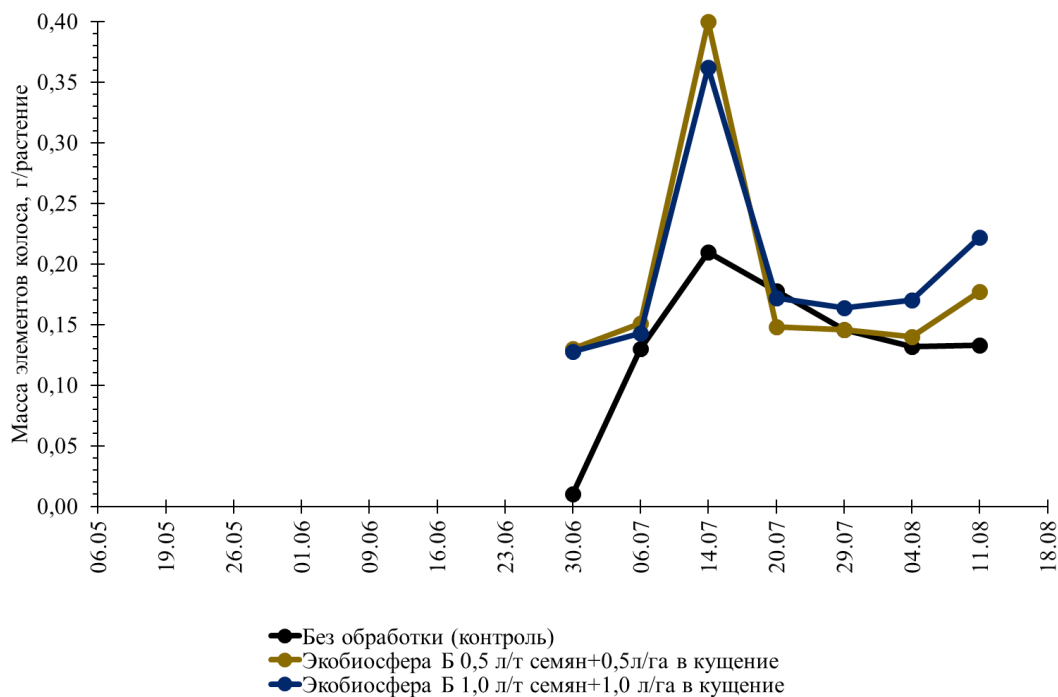


Рис. 5. Динамика массы элементов колоса (влажность 13%) *T. aestivum* L. Любава, 2023 г. (ориг.)

Таблица 9

Система уравнений динамики коэффициента элементов колоса растений *T. aestivum* L. Любава

Диапазон суммарной энтальпии воздуха, C_p КДж/кг	Уравнение динамики коэффициента элементов колоса (Kg)	
	«Экобиосфера Б» 0,5 л/т семян + 0,5 л/га в кушение	«Экобиосфера Б» 1,0 л/т семян + 1,0 л/га в кушение
1716,27...2294,82	$Kg = 11,863 \cdot C_p^{-0,598}$	—
2294,83...2560,81	$Kg = 0,6502 \cdot \ln(C_p) - 4,8058$	—
2560,82...2963,02	$Kg = -0,883 \cdot \ln(C_p) + 7,0614$	—
2963,03...3259,12	$Kg = 0,0204 \cdot e^{0,0007 C_p}$	—
3259,13...3642,04	$Kg = 630,77 \cdot C_p^{-0,988}$	—
1716,27...2294,82	—	$Kg = 0,0218 \cdot e^{0,001 C_p}$
2294,83...2963,02	—	$Kg = -0,893 \cdot \ln(C_p) + 7,1334$
2963,03...3642,04	—	$Kg = 0,039 \cdot e^{0,0005 C_p}$
R^2	0,9797	0,8200

Динамика массы плодов. Максимальной массы зерновки *T. aestivum* L. достигли в фазу твердой спелости. В результате 2-кратного применения «Экобиосфера Б» масса этой основной части продукции пшеницы на 44,93% превышала таковую в контрольном варианте (рис. 6), а сравнительно с однократной обработкой семян [1] – на 53,85% в варианте Семена 0,5+K0,5 и на 17,65% в варианте Семена 1,0+K1,0.

Уравнение, описывающее динамику коэффициента плодов (K_p) с точностью 93,01–94,18%, представлено в таблице 10.

Прогноз массы плодов *T. aestivum* L., рассчитанный по модели (3) соответствовал эмпирическим данным на 98,24 и 96,11% по вариантам Семена 0,5+K0,5 и Семена 1,0+K1,0 соответственно, что свидетельствует о высокой точности прогноза урожайности яровой *T. aestivum* L. сорта Любава минимум за 80–90 суток до начала уборочных работ (табл. 6).

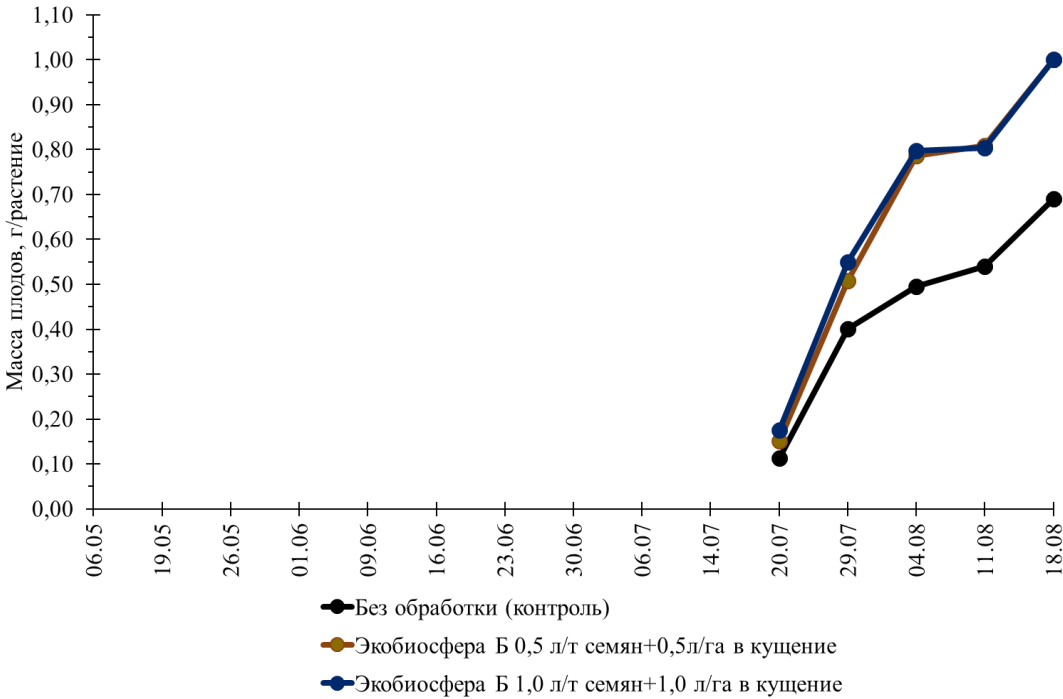


Рис. 6. Динамика массы плодов (влажность 13%) *T. aestivum* L. Любава, 2023 г. (ориг.)

Таблица 10

Уравнение динамики коэффициента плодов растений *T. aestivum* L. Любава

Диапазон суммарной энтальпии воздуха, <i>Ср</i> КДж/кг	Уравнение динамики коэффициента плодов (K_p)	
	«Экобиосфера Б» 0,5 л/т семян + 0,5 л/га в кушение	«Экобиосфера Б» 1,0 л/т семян + 1,0 л/га в кушение
2560,82...4001,35	$K_p = 1,835 \cdot \ln(C_p) - 14,185$	$K_p = 1,7546 \cdot \ln(C_p) - 13,521$
R^2	0,9418	0,9301

Выводы

В результате исследований установлено, что предпосевная обработка семян и растений в фазу кущения комплексом «Экобиосфера Б» способствовала ускорению прохождения фенологических фаз развития в середине периода вегетации *T. aestivum* L. сорта Любава на 7 суток по сравнению с контрольными (без обработки) растениями. Рассчитана теплоемкость фенологических фаз развития, обеспечивающая возможность прогнозирования календарных сроков фенологических фаз развития от даты посева до уборочной спелости на основании прогноза тепловых ресурсов текущего года.

Разработаны сезонные имитационно-динамические модели прогноза ростовых процессов *T. aestivum* L., скорректированные с учетом эффективности нормы расхода и кратности обработок растений гуминовым комплексом «Экобиосфера Б», работающие с точностью:

– «Экобиосфера Б» (0,5 л/т семян + 0,5 л/га в фазу кущения): высота растения – 98,32%, массы фитоорганов влажностью 13%: наземная активная фитомасса – 95,10%, листьев – 83,54%, стебля – 91,08%, элементов колоса – 87,23%, плодов – 98,24%.

– «Экобиосфера Б» (1,0 л/т семян + 1,0 л/га в фазу кущения): высота растения – 98,47%, массы фитоорганов влажностью 13%: наземная активная фитомасса – 87,5%, листьев – 64,57%, стебля – 85,46%, элементов колоса – 61,09%, плодов – 96,11%.

В производственных условиях модели обеспечат возможность прогнозировать продуктивность растений и урожайность *T. aestivum* L. Любава минимум за 80–90 суток до уборочной спелости.

Библиографический список

1. Виноградова В.С., Бородий С.А., Макаров С.С. Ростовая модель прогноза продуктивности яровой пшеницы Любава на фоне предпосевной обработки семян препаратом «Экобиосфера Б» // *АгроЭкоИнфо*. – 2024. – № 2. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2024/2/st_207.pdf (дата обращения: 15.04.2024).
2. Демьянова-Рой Г.Б., Панкратов Ю.В., Болнова С.В., Воробьев Е.С. Агрофизические свойства почвы и урожайность полевых культур при различных приемах ее обработки // *АгроЭкоИнфо*. – 2019. – № 3. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2019/3/st_338.doc (дата обращения: 24.12.2023).
3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): Учебник. – Изд. 6-е. – М.: Альянс, 2011. – 350 с.
4. Каюмов М.К. Программирование урожаев сельскохозяйственных культур: Учебник. – М.: Агропромиздат, 1989. – 317 с.
5. Ещенко В.Е., Трифонова М.Ф., Копытко П.Г. и др. Основы опытного дела в растениеводстве: Учебное пособие / Под ред. В.Е. Ещенко, М.Ф. Трифоновой. – М.: КолосС, 2009. – 268 с.
6. Сорокин А.Н., Морозова Т.М. Эффективность предпосевного озонирования семян при выращивании яровой пшеницы // *Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение*. – 2019. – № 3 (59). – С. 126–132.
7. Бородий С.А., Виноградова В.С., Бородий П.С. Агроэкологическое обоснование технологии возделывания пижмы обыкновенной (*Tanacetum vulgare* L.) в Костромской области: Монография. – Караваево: Костромская ГСХА, 2019. – 156 с.
8. Бородий С.А., Бородий П.С. Прогноз фенологических стадий развития пижмы обыкновенной (*Tanacetum vulgare* L.) в дикорастущих ценопопуляциях // *Труды Костромской ГСХА*. – Кострома: КГСХА, 2017. – Вып. 86. – С. 5–11.

9. Бородий С.А., Виноградова В.С. Ростовая модель прогноза продуктивности яровой пшеницы Любава на фоне естественного плодородия почвы // Аграрный вестник Нечерноземья. – 2024. – № 1 (13). – С. 17–27.

10. Бородий С.А. Теоретическое обоснование комплексной имитационно-мониторинговой модели продукционного процесса растений в агроэкосистемах: Монография. – Кострома: Изд-во КГСХА, 2000. – 206 с.

GROWTH MODEL FORECASTING THE PRODUCTIVITY OF *TRITICUM AESTIVUM* L. LUBAVA ON THE BACKGROUND OF PRE-SOWING SEED TREATMENT AND FOLIAR NUTRITION WITH THE PREPARATION ECOBIOSPHERE B

V.S. VINOGRADOVA¹, S.A. BORODIY¹, I.I. GOLOKTIONOV², O.G. KARATAEVA²

(¹Kostroma State Agricultural Academy;

²Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy)

*The article presents the results of the development of growth models forecasting the yield of spring wheat (*Triticum aestivum* L.) Lubava based on the value of empirical sowing parameters obtained in the early stages of plant development, the predicted thermal resources of the growing season of the current year and the efficiency coefficients of the preparation Ecobiosphere B in the experimental field of the Kostroma State Agricultural Academy (Kostroma District, Kostroma Region). It was found that the humic complex Ecobiosphere B influenced the development of *T. aestivum* L. Lubava, shortening the interphase period in the middle of the growing season by seven days in comparison with the control (untreated) plants. The heat capacity of the phenological development phases was calculated, which made it possible to predict the calendar dates of the phenological development phases, from the sowing date to harvest maturity, based on the forecast of the heat resource for the current year. Simulation-dynamic growth models of seasonal prediction of phytometric parameters, adjusted to the efficiency of consumption rate and frequency of application of the humic complex Ecobiosphere B as a regulator of growth and development, worked with the following accuracy: 0.5 L/t seed + 0.5 L/ha in the tillering phase of Ecobiosphere B: plant height – 98.32%, mass of phytoorgans at 13% humidity: ground active phytomass – 95.1%, leaves – 83.54%, stem – 91.08%, ear elements – 87.23%, fruits – 98.24%; 1.0 L/t seed + 1.0 L/ha in the tillering phase of Ecobiosphere B: plant height – 98.47%, mass of phytoorgans at 13% humidity: ground active phytomass – 87.5%, leaves – 64.57%, stem – 85.46%, ear elements – 61.09%, fruits – 96.11%. The models will provide the ability to predict plant productivity and yield of *T. aestivum* L. The models will make it possible to predict plant productivity and yield of *T. aestivum* L. Lubava under production conditions at least 80–90 days before harvest maturity and, if necessary, to adjust the cultivation technology during the growing season in order to increase the economic efficiency of production.*

*Key words: spring wheat, *Triticum aestivum* L., variety, seeds, forecast, growth, phenological phases, mathematical simulation-dynamic model.*

References

1. Vinogradova V.S., Borodiy S.A., Makarov S.S. Growth model forecasting the productivity of spring wheat Lybava on the background of pre-sowing seed treatment with Ecobiosphere B preparation. *AgroEkoInfo*. 2024;2. (In Russ.) URL: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2024/2/st_207.pdf (accessed: April 15, 2024)

2. Demyanova-Roy G.B., Pankratov Yu.V., Bolnova S.V., Vorob'ev E.S. Agrophysical properties of soil and yield of field crops under various methods of its processing. *AgroEkoInfo*. 2019;3. (In Russ.) URL: http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2019/3/st_338.doc (accessed: December 24, 2023)
3. Dospekhov B.A. *Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results)*. Moscow, Russia: Alyans, 2011:350. (In Russ.)
4. Kayumov M.K. *Programming agricultural crop yields*. Moscow, USSR: Agropromizdat, 1989:317. (In Russ.)
5. Eshchenko V.E., Trifonova M.F., Kopytko P.G. et al. *Fundamentals of experimental work in crop production*. Eshchenko V.E., Trifonova M.F. (Eds.). Moscow, Russia: KolosS, 2009:268. (In Russ.)
6. Sorokin A.N., Morozova T.M. Efficiency of preseeding ozonization of seeds at cultivation of spring-sown field. *Sovremennye naukoemkie tekhnologii. Regionalnoe prilozhenie*. 2019;3:126–132. (In Russ.)
7. Borodiy S.A., Vinogradova V.S., Borodiy P.S. *Agroecological substantiation of the technology for cultivating tansy (Tanacetum vulgare L.) in the Kostroma Region: a monograph*. Karavaevo, Russia: Kostroma State Agricultural Academy, 2019:156. (In Russ.)
8. Borodiy S.A., Borodiy P.S. The forecast of phenological stages of development of *Tanacetum vulgare* L.). In: *Trudy Kostromskoy gosudarstvennoy selskokhozyaystvennoy akademii*. Kostroma, Russia: Kostroma State Agricultural Academy, 2017;86:5–11. (In Russ.)
9. Borodiy S.A., Vinogradova V.S. Growth model forecasting the productivity of spring wheat Lubava on the background of natural soil fertility. *Agrarian Bulletin of the Non-Chernozem Area*. 2024;1:17–27. (In Russ.) https://doi.org/10.52025/2712-8679_2024_01_17
10. Borodiy S.A. *Theoretical substantiation of a complex simulation-monitoring model of the production process of plants in agroecosystems: a monograph*. Kostroma, Russia: Kostroma State Agricultural Academy, 2000:206. (In Russ.)

Информация об авторах

Виноградова Вера Сергеевна, д-р с.-х. наук, профессор, профессор кафедры агрохимии, биологии и защиты растений, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение высшего образования «Костромская государственная сельскохозяйственная академия»; 156530, Российская Федерация, Костромская обл., Костромской р-н, пос. Караваево, Учебный городок, 34; e-mail: verochka_54@list.ru; тел.: (4942) 629–130

Бородий Сергей Анатольевич, д-р с.-х. наук, профессор, профессор кафедры земледелия, растениеводства и селекции, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение высшего образования «Костромская государственная сельскохозяйственная академия»; 156530, Российская Федерация, Костромская обл., Костромской р-н, пос. Караваево, Учебный городок, 34; e-mail: borody.sergei@yandex.ru; тел.: (4942) 629–130

Голоктионов Иван Иванович, ассистент кафедры декоративного садоводства и газоноведения, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: goloktionov.ivan@rgau-msha.ru; тел.: (499) 976–05–45

Каратаева Оксана Григорьевна, кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры педагогики и психологии профессионального образования,

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия имени К.А. Тимирязева»; 127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: okarataeva@rgau-msha.ru; тел.: (499) 976–38–76

Information about the authors:

Vera S. Vinogradova, DSc (Ag), Professor, Professor at the Department of Agrochemistry, Biology and Plant Protection, Kostroma State Agricultural Academy (34 Uchebnyy Cr., Karavaevo Vlg., Kostroma District, Kostroma Region, 156530, Russian Federation); phone: (4942) 62–91–30; e-mail: verochka_54@list.ru

Sergey A. Borodiy, DSc (Ag), Professor, Professor at the Department of Agriculture, Plant Production and Selection, Kostroma State Agricultural Academy (34 Uchebnyy Cr., Karavaevo Vlg., Kostroma District, Kostroma Region, 156530, Russian Federation); phone: (4942) 62–91–30; e-mail: borody.sergei@yandex.ru

Ivan I. Goloktionov, Assistant at the Department of Ornamental Horticulture and Lawn Science, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation); phone: (499) 976–05–45; e-mail: goloktionov.ivan@rgau-msha.ru

Oksana G. Karataeva, CSci (Econ), Associate Professor, Associate Professor at the Department of Pedagogy and Psychology of Professional Education, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya str., Moscow, 127550, Russian Federation); phone: (499) 976–38–76; e-mail: okarataeva@rgau-msha.ru

АДАПТАЦИЯ ВЫСОКОПРОДУКТИВНОГО ПЛЕМЕННОГО КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА, ЗАВЕЗЕННОГО ИЗ РЕГИОНОВ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, В УСЛОВИЯХ ЯКУТИИ

Х.А. АМЕРХАНОВ¹, А.Д. ЖИРКОВ², Н.П. ФИЛИППОВА²,
НЬ.Н. МОРДОВСКОЙ², А.Н. АДУШИНОВА²

(¹Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева

²ГБУ Республики Саха (Якутия) «Сахаагроплем»)

Статья посвящена исследованиям адаптации завозного крупного рогатого скота в Республике Саха (Якутия). Целью исследований является оценка адаптации племенного крупного рогатого скота (КРС) молочного направления, завезенного в Республику Саха (Якутия), к экстремальным климатическим условиям региона. В период с 2013 по 2022 гг. было завезено 3856 гол. высокопродуктивного племенного скота, представленных породами с высокой долей кровности: красная степная, черно-пестрая, красно-пестрая и голишинская. Исследования проводились на основе анализа годовых отчетов хозяйств и молекулярно-генетической диагностики образцов крови, выполненной в лаборатории ГБУ РС(Я) «Сахаагроплем». Молекулярно-генетическое тестирование на наличие аномалий CD18 (BLAD), FANCI (BS) и SLC35A3 (СVM) включает в себя тестирование 463 гол. методом ПЦР ПДРФ, при выделении геномной ДНК использовали набор реагентов EXCELL BIOTECH (Excel Biotech Corp., Якутск). Исследования выявили частоту рецессивных мутаций и показали, что адаптация завозного скота осложняется суровыми климатическими условиями, длительным стойловым содержанием, отсутствием моциона на свежем воздухе и несбалансированным кормлением. Это приводит к отсутствию достижения их генетического потенциала, частым заболеваниями, низкому деловому выходу телят и снижению продуктивности. Сравнительный анализ удоев показал, что средняя продуктивность коров в Якутии составляет от 2717 до 3754 кг молока за лактацию, что значительно ниже показателей средней полосы России. Черно-пестрая порода продемонстрировала наибольшую частоту мутантных генотипов по гену CD18 (BLAD) (2,0%), в то время как наиболее высокая частота гена FANCI (BS) наблюдалась у холмогорской породы (9,52%). При этом среди протестированных животных носители гена SLC35A3 (СVM) не выявлены. Результаты исследований подтверждают необходимость предварительной лабораторной диагностики племенного скота. Для полного раскрытия генетического потенциала и успешной адаптации скота в суровых условиях Якутии хозяйствам рекомендуется тщательно подбирать породы, учитывать их адаптационные возможности и обеспечивать адекватные условия содержания и кормления. Лабораторная диагностика должна продолжаться для контроля генетических дефектов и профилактики заболеваний.

Ключевые слова: завозной скот, адаптация, акклиматизация, продуктивность, генетические аномалии.

Введение

Скотоводство в Республике Саха (Якутия) развивается в экстремальных условиях несмотря на резко континентальный климат, засушливое жаркое лето, продолжительный период низкой температуры и длительность зимнего стойлового

периода (7 месяцев). Первые попытки акклиматизации племенного скота в условиях Якутии были предприняты еще в 1937 г. [1]. Этот этап стал основополагающим для дальнейшего развития скотоводства в республике, и с тех пор вопросам адаптации скота к таким условиям уделяется пристальное внимание.

Правильное понимание и внедрение принципов акклиматизации являются решающими для успеха в данной области, особенно в контексте увеличения продуктивности и улучшения состояния здоровья животных [2–4]. Адаптация скота к суровым климатическим условиям требует комплексных подходов, включающих в себя как генетические, так и ветеринарные мероприятия. Для достижения успешных результатов необходимо учитывать специфику породы, ее генетическую предрасположенность и уровни стресса, которые испытывает животное в новых условиях [5]. Для успешного ведения животноводства в условиях Якутии необходимо учитывать множество факторов: здоровье животных, генетическое разнообразие, доступность кормов, а также ветеринарную помощь. Необходимо для скота создать оптимальный рацион, который учитывал бы специфику местных кормовых ресурсов [6]. Акклиматизированными к новым условиям обитания породы считаются лишь в том случае, если у них не снизились продуктивность, показатели воспроизводства, жизнеспособность потомства, естественная резистентность организма и устойчивость к болезням [7]. Несмотря на негативный опыт прошлых лет и возражения ученых, некоторые хозяйства для увеличения производства мяса и молока завозят специализированные мясные и молочные породы скота из центральных областей России и из зарубежных стран [8].

Скотоводство в Якутии также включает в себя множество социально-экономических аспектов, которые играют важную роль в развитии отрасли. Сельскохозяйственные предприятия сталкиваются с вызовами, связанными с логистикой, финансированием и обеспечением доступа к ветеринарным услугам. Для успешного ведения животноводства в северных регионах России необходимы государственная поддержка и субсидирование [9]. Практические примеры успешных хозяйств, справляющихся с вызовами сурового климата, можно найти в работах А.Д. Козлова и Е.Г. Марченко (2020) [10]. Эти исследования, демонстрирующие успешные методы адаптации и ведения скотоводства в северных регионах, могут послужить моделями для других предприятий. Важно отметить, что такие хозяйства активно используют современные технологии и инновационные подходы включая автоматизацию процессов и внедрение генетических программ.

Таким образом, вопросы адаптации и акклиматизации крупного рогатого скота в условиях Республики Саха остаются актуальными и требуют постоянного изучения. С каждым новым исследованием мы приближаемся к более полному пониманию этих сложных процессов и возможности их оптимизации для повышения продуктивности и устойчивости местного скотоводства.

Цель исследований: оценка адаптации племенного крупного рогатого скота (КРС) молочного направления, завезенного в Республику Саха (Якутия), к экстремальным климатическим условиям региона.

Материал и методы исследований

Материалом исследований послужили годовые отчеты хозяйств и образцы крови завозного скота, доставленные в лабораторию для ДНК-диагностики. По отчетным данным проведена сравнительная оценка по молочной продуктивности коров и деловому выходу молодняка ($n = 3856$).

Молекулярно-генетическая экспертиза выполнена в лаборатории ГБУ РС(Я) «Сахаагроплем» (Свидетельство о регистрации в государственном племенном регистре, серия ПЖ 77, № 011582, дата внесения записи – от 21 сентября 2021 г.).

На наличие генетических аномалий исследовано 463 гол. КРС, в том числе пород: красно-пестрой – 147, сычевской – 115, черно-пестрой – 100, холмогорской – 21.

При выделении геномной ДНК использовали набор реагентов EXCELL BIOTECH (Excel Biotech Corp., Якутск).

ДНК-диагностику образцов крови на наличие рецессивных мутаций BLAD, BS и CVM провели методом ПЦР ПДРФ [11].

Результаты и их обсуждение

За последние 10 лет завезено 3856 гол. высокопродуктивных племенных телок и нетелей молочного направления из регионов Российской Федерации в 31 товарное хозяйство и предприятие республики (в 15 районов). Завезено, в том числе, 4 породы молочного направления с высокой долей кровности (более 80%): красная степная, черно-пестрая, красно-пестрая и голштинская (табл. 1).

В практическом животноводстве адаптация оценивается по продуктивности, долголетию и воспроизводительным особенностям животных, а также по их поведению и состоянию здоровья [12].

Средний удой завозных коров с 2013 по 2017 гг., 3 лактации и старше, представлен в таблице 2.

Сравнительно более высокий надой за лактацию показали коровы красно-пестрой и черно-пестрой пород – 3100 и 3754 кг молока соответственно.

Таблица 1

Завоз крупного рогатого скота молочного направления на 2013–2022 гг.

Порода	Завезено всего, гол.	Поголовье на 01.01.2024 г.	
		Всего	в т.ч. коров
Симментальская	1425	1596	765
Холмогорская	513	662	312
Красная степная	670	991	540
Черно-пестрая	558	565	330
Голштинская	140	187	97
Красно-пестрая	290	250	118
Сычевская	190	301	138
Всего	3856	4552	2300

Продуктивность (удой) завезенных коров 3 и более лактаций

Порода	Средний удой от 1 дойной коровы, кг	ДВТ, %
Симментальская	2717 ± 228,36	78
Холмогорская	2776 ± 193,69	86
Красная степная	3002 ± 751,61	76
Черно-пестрая	3754 ± 174,38	36,8
Красно-пестрая	3100 ± 340,34	40

Если в средней полосе России удой коров составлял от 5000 до 8000 кг молока за лактацию, то в условиях Якутии он снизился до 2717–3754 кг. Среди завозных животных часто случаются аборты, встречаются яловость, болезни конечностей и низкое продуктивное долголетие. Наблюдается падеж не только молодняка, но и взрослого поголовья. Деловой выход телят (ДВТ) на 100 коров значительно ниже у голштинизированного скота. Причиной является сложная приспособляемость завозного скота к жестким климатическим условиям республики. Длительное стойловое содержание скота в холодное время года, отсутствие моциона на свежем воздухе в этот период, а также неполноценный и недостаточно сбалансированный рацион кормления не позволяют раскрыть генетический потенциал животных.

Известно, что различные генетические аномалии играют существенную роль при разведении крупного рогатого скота. В племенном деле для корректирующей селекции важной проблемой является контроль генетических дефектов [13].

Описано около 60 наследственных заболеваний крупного рогатого скота, которые вызывают морфологические и функциональные аномалии, негативно влияющие на здоровье и продуктивность животного [14].

Тестирование проводили по следующим рецессивным аномалиям: CVM (Complex Vertebral Malformation) – комплексный порок позвоночника, вызывающий уродства костной системы телят и аборты коров; BLAD (Bovine Leukocyte Adhesion Deficiency) – синдром, характеризующийся функциональной недостаточностью лейкоцитов, сопровождаемый иммунодефицитом; BS (Brachyspina) – синдром Брахиспина, очень короткий позвоночник.

Дефицит лейкоцитарной адгезии у крупного рогатого скота – это генетическое нарушение, обусловленное мутацией в локусе CD18 и проявляющееся в подавлении клеточного иммунитета.

Из данных рисунка 1 следует, что наибольшая частота выявленных мутантных генотипов по гену CD18 (BLAD) встречается у коров черно-пестрой (2,0%), а по гену FANCI (BS) – у коров холмогорской пород (9,52%). При этом одновременно обе аномалии обнаружены только у коров черно-пестрой породы [15].

Частота встречаемости доминантного и рецессивного аллелей по гену CD18 отражена в таблице 3. Существенного различия по распределению частот аллелей и соответствии ожидаемых результатов, фактически наблюдаемому (χ^2) по изучаемым породам, не наблюдалось.

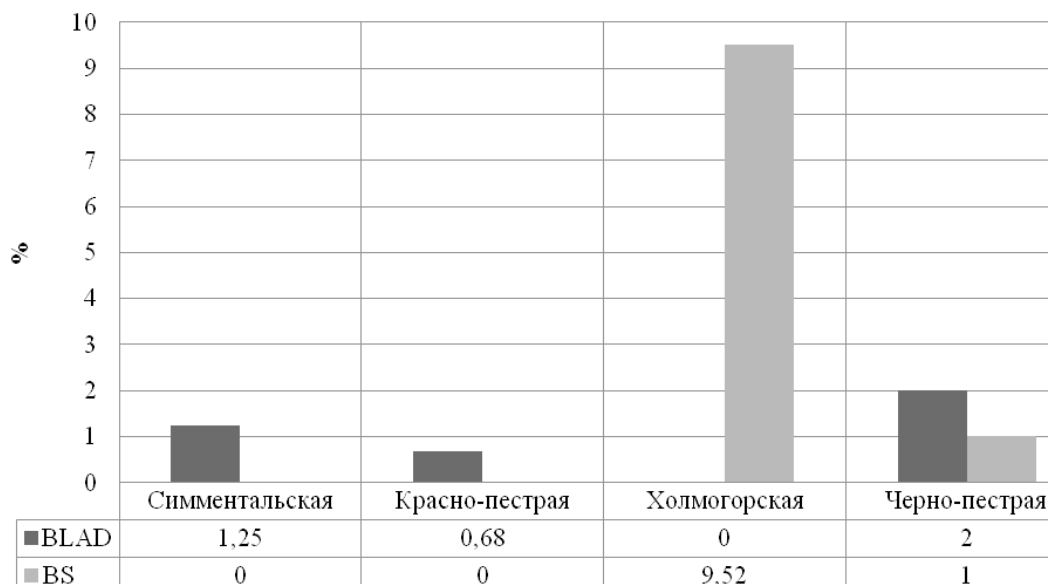


Рис. 1. Частота встречаемости носителей мутации генов CD18 (BLAD) и FANCI (BS)

Таблица 3

Характеристика крупного рогатого скота молочного направления по гену CD18 (BLAD)

Порода	n	Гт	Генотипы BLAD			χ^2	Частота аллелей	
			NN	Nn	nn		N	n
Симментальская (австрийской селекции)	80	Н	79	1	0	0,05	0,994	0,006
		О	79	0,95	0,05			
Черно-пестрая	100	Н	98	2	0	0,01	0,990	0,010
		О	98,01	1,98	0,01			
Красно-пестрая	147	Н	146	1	0	0,04	0,997	0,003
		О	146,1	0,88	0,02			

Примечание. Гт – генотип, Н – наблюдаемое число генотипов, О – ожидаемое число генотипов, N – нормальный аллель, n – мутантный аллель.

Изучение соответствия фактического распределения генотипов ожидаемому в локусе CD18 показало наличие генетического равновесия ($\chi^2 = 0,05; 0,01; 1,04, df = 1, p > 0,05$).

Рецессивный мутантный аллель по локусу BS выявлен у коров холмогорской и черно-пестрой пород (табл. 4). Частота нормального гена (N) у коров холмогорской составила 0,952, черно-пестрой породы – 0,995; частота мутантного (n) гена – 0,048; 0,005 соответственно.

Распределение генотипов по локусу BS показало генетическое равновесие ($\chi^2 = 0,05; 0,01; 1,04, df = 1, p > 0,05$).

Гомозиготных особей по аномалиям BLAD, BS не обнаружено.

Характеристика крупного рогатого скота молочного направления по локусу BS

Порода	n	Гт	Генотипы BS			χ^2	Частота аллелей	
			NN	Nn	nn		N	n
Холмогорская	21	Н	19	2	0	0,05	0,952	0,048
		О	19	1,92	0,05			
Черно-пестрая	100	Н	99	1	0	0,01	0,995	0,005
		О	99	0,99	0,01			

Примечание. Гт – генотип, Н – наблюдаемое число генотипов, О – ожидаемое число генотипов, N – нормальный аллель, n – мутантный аллель.

Выводы

Для полного использования генетического потенциала животных хозяйствам необходимо учесть: какую породу завести, их адаптационные возможности к новым местным условиям разведения, технологии содержания и типу кормления в условиях Крайнего Севера. Исследование 463 голов завезенного в республику Якутия скота на наличие аномалий BLAD, BS и CVM показало, что своевременная и предварительная лабораторная диагностика является актуальной для племенного животноводства республики. При этом среди протестированных животных носители гена SLC35A3 (CVM) не выявлены. Тем не менее проверку завозного скота по всем аномалиям проводить необходимо.

Библиографический список

1. *Горохов Н.И., Попов Р.Г., Романова В.В.* Совершенствование молочного скота в условиях Якутии // Скотоводство в Якутии: традиции и современность: сборник статей / отв. ред. М.П. Неустроев. – Якутск: Изд-во Якутского НИИ сельского хозяйства, 2006. – С. 89–95.
2. *Вторый С.В., Ильин Р.М.* Влияние внешних погодных условий на продуктивность коров при привязном содержании // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. – 2019. – № 2 (99). – С. 269–277. DOI: 10.24411/0131-5226-2019-10172.
3. *Чугунов А.В.* Адаптация крупного рогатого скота в условиях Крайнего Севера. – Якутск: Якутский ЦНТИ, 1993. – 64 с.
4. *Юдин А.А., Тарабукина Т.В., Облизов А.В.* Механизмы качественного развития отрасли животноводства на основе инновационных технологий современной экономики в условиях Крайнего Севера (на примере Республики Коми) // Инновации и инвестиции. – 2023. – № 11. – С. 556–558.
5. *Роскова О.А.* Экономическая оценка системы воспроизводства холмогорской породы крупного рогатого скота в условиях европейского севера РФ: дисс. ... канд. экон. наук: 08.00.05. – Вологда-Молочное, 2001. – 155 с.

6. Шаманин А.А., Попова Л.А., Гинтов В.В. Малораспространенные кормовые культуры для формирования высококачественных кормовых агроценозов в условиях северного региона России // Аграрный вестник Урала. – 2019. – № 4 (183). – С. 40–47. DOI: 10.32417/article_5cf953df8675d5.73728392.

7. Чугунов А.В., Захарова Л.Н. К проблеме акклиматизации пород // Евразийский Союз Ученых. – 2015. – № 6–6 (15). – С. 35–37.

8. Иванов Р.В., Захарова Л.Н. Проблемы адаптации завозных специализированных пород крупного рогатого скота // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2020. – Т. 50, № 3. – С. 94–102. DOI: 10.26898/0370-8799-2020-3-10.

9. Солошенко В.А., Магер С.Н., Инербаев Б.О. Основные принципы создания модели эффективной отрасли мясного скотоводства на северных территориях РФ // Животноводство и кормопроизводство. – 2020. – Т. 103, № 3. – С. 46–57. DOI: 10.33284/2658-3135-103-3-46.

10. Томашевская Е.П. Адаптивные способности крупного рогатого скота симментальской породы, разводимого в условиях Крайнего Севера: дисс. ... канд. биол. наук: 03.00.13. – Якутск, 2006. – 141 с.

11. Калашикова Л.А., Хабибрахманова Я.А., Павлова И.Ю. и др. Рекомендации по геномной оценке крупного рогатого скота. – Лесные Поляны: Всероссийский НИИ племенного дела, 2015. – 33 с.

12. Мохов Б.П., Шабалина Е.П. Адаптация крупного рогатого скота: Монография. – Ульяновск: УГСХА им. П.А. Столыпина, 2013. – 224 с.

13. Эрнст Л.К., Жигачев А.И., Кудрявцев В.А. Мониторинг генетического груза в черно-пестрой, голштинской и айрширской породах крупного рогатого скота // Зоотехния. – 2007. – № 3. – С. 5–10.

14. Методическое пособие по генодиагностике и отбору быков – носителей CV и BL аллелей черно-пестрого скота / Сост. С.Н. Марзанова, Д.А. Девришов, А.В. Бакай и др. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2014. – 60 с.

15. Филиппова Н.П., Габышева Ж.А., Оконешникова М.В. Мониторинг завозного скота на наличие генетических аномалий // Современные проблемы зоотехнии: Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию со дня рождения доктора сельскохозяйственных наук, профессора А.В. Бакай (1946–2020), в рамках Года науки и технологий РФ, по тематике «Генетика и качество жизни» (г. Москва, 14 декабря 2021 г.). – М.: ЗооВетКнига, 2022. – С. 180–185.

ADAPTATION OF HIGH-YIELDING BREEDING CATTLE FROM THE REGIONS OF THE RUSSIAN FEDERATION TO THE CONDITIONS OF THE FAR NORTH (YAKUTIA)

KH.A. AMERKHANOV¹, A.D. ZHIKOV², N.P. FILIPPOVA²,
N.N. MORDOVSKOY², A.N. ADUSHINOVA²

(¹Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy;

²State Budgetary Institution of the Republic of Sakha (Yakutia) “Sakhaagroplem”

The article is devoted to the adaptation of imported cattle in the Republic of Sakha (Yakutia). The aim of the research is to assess the adaptation of breeding dairy cattle imported to the Republic of Sakha (Yakutia) to the extreme climatic conditions of the region. In the period from 2013 to 2022, 3856 heads of high-yielding breeding cattle were imported: Red Steppe breed,

Black Pied breed, Red and White breed and Holstein. The research was based on the annual farm reports and the results of blood molecular genetic diagnostics by the laboratory of Sahaagroplem. Molecular genetic screening for CD18 (BLAD), FANCI (BS) and SLC35A3 (CVM) abnormalities included testing of 463 cattle by PCR-RFLP method. EXCELL BIOTECH reagent kit (Excel Biotech Corp., Yakutsk) was used for genomic DNA extraction. The research revealed the frequency of recessive mutations and showed that the adaptation of imported cattle is complicated by harsh climatic conditions, prolonged stabling, lack of outdoor exercise and unbalanced feeding. All of these factors lead to the underutilization of their genetic potential, recurrent diseases, low calf yield and reduced milk productivity. Comparative analysis of milk yields showed that the average productivity of cows in Yakutia ranged from 2,717 to 3,754 kg of milk per lactation. These results are significantly lower than the indicators of the central zone of Russia. The highest frequency of mutant genotypes of the CD18 gene (BLAD) was observed in the Black Pied breed (2.0%), while the highest frequency of the FANCI gene (BS) was observed in the Kholmogorsky breed (9.52%). At the same time, SLC35A3 gene carriers (CVM) were not found among the tested animals. The results of the research prove the necessity of pre-laboratory diagnostics of breeding cattle. For full disclosure of genetic potential and successful adaptation of cattle to the harsh conditions of Yakutia, cattle breeding farms are recommended to carefully select breeds, take into account their adaptive potential, and provide adequate housing and feeding conditions. Laboratory diagnostics should be continued to further control genetic defects and prevent diseases.

Key words: imported cattle, adaptation, acclimatization, productivity, genetic anomalies.

References

1. Gorokhov N.I., Popov R.G., Romanova V.V. Improving dairy cattle in the conditions of Yakutia. In: *Cattle breeding in Yakutia: traditions and modernity: collection of articles*. Ed. by M.P. Neustroev. Yakutsk, Russia: Izdatelstvo Yakutskogo NII selskogo khozyaystva, 2006:89–95. (In Russ.)
2. Vtoryi S.V., Ilin R.M. Effect of external weather conditions on the cow productivity in tied housing systems. *Tekhnologii i tekhnicheskie sredstva mekhanizirovannogo proizvodstva produktii rasteniyevodstva i zhivotnovodstva*. 2019;2(99):269–277. (In Russ.) <https://doi.org/10.24411/0131-5226-2019-10172>
3. Chugunov A.V. *Adaptation of cattle in the conditions of the Far North*. Yakutsk, Russia: Yakutskiy TsNTI, 1993:64. (In Russ.)
4. Yudin A.A., Tarabukina T.V., Oblizov A.V. Mechanisms for the qualitative development of the livestock industry based on innovative technologies of the modern economy in the conditions of the Far North (using the example of the Komi Republic). *Innovatsii i investitsii*. 2023;11:556–558. (In Russ.)
5. Roskova O.A. *Economic assessment of the reproduction system of the Kholmogorsky breed of cattle in the conditions of the European north of the Russian Federation*: CSc (Econ) thesis: 08.00.05. Vologda-Molochnoye, Russia: Vologda State Dairy Farming Academy by N.V. Vereshchagin, 2001:155. (In Russ.)
6. Shamanin A.A., Popova L.A., Gintov V.V. Using the less widespread feed crops for forming a high quality feed agrophytocenosis in conditions of the northern region of Russia. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2019;4(183):40–47. (In Russ.) https://doi.org/10.32417/article_5cf953df8675d5.73728392
7. Chugunov A.V., Zakharova L.N. On the problem of acclimatization of breeds. *Evraziyskiy Soyuz Uchenykh*. 2015;6–6(15):35–37. (In Russ.)
8. Ivanov R.V., Zakharova L.N. Problems of adaptation of imported specialized breeds of cattle. *Siberian Herald of Agricultural Science*. 2020;50(3):95. (In Russ.) <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2020-3-10>

9. Soloshenko V.A., Mager S.N., Inerbaev B.O. Basic principles of creating a model of effective beef cattle breeding industry in the northern territories of the Russian Federation. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2020;103(3):46–57. (In Russ.) <https://doi.org/10.33284/2658-3135-103-3-46>

10. Tomashevskaya E.P. *Adaptive abilities of Simmental cattle bred in the conditions of the Far North*: Csc (Bio) thesis: 03.00.13. Yakutsk, Russia: Yakut State Agricultural Academy, 2006:141. (In Russ.)

11. Kalashnikova L.A., Khabibrakhmanova Ya.A., Pavlova I.Yu., Ganchenkova T.B. et al. *Recommendations on genomic evaluation of cattle*. Lesnye Polyany, Russia: Vserossiyskiy nauchno-issledovatel'skiy institut plemennogo dela, 2015:33. (In Russ.)

12. Mokhov B.P., Shabalina E.P. *Adaptation of cattle: a monograph*. Ulyanovsk: Ulyanovsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin, 2013:224. (In Russ.)

13. Ernst L.K., Zhigachev A.I., Kudryavtsev V.A. Monitoring of genetic loadburden in Black-and-White, Holstein and Iyrshire cattle breeds. *Zootechnia*. 2007;3:5–10. (In Russ.)

14. Marzanova S.N., Devrishov D.A., Bakay A.V. et al. *Manual on genodiagnosis and selection of bulls carrying CV and BL alleles of Black Pied breed cattle*. Moscow, Russia: Rosinformagrotekh, 2014:60. (In Russ.)

15. Filippova N.P., Gabysheva Zh.A., Okoneshnikova M.V. Monitoring of imported cattle for genetic anomalies. *Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya, posvyashchennaya 75-letiyu so dnya rozhdeniya doktora sel'skokhozyaystvennykh nauk, professora Bakay Anatoliya Vladimirovicha (1946–2020) v ramkakh Goda nauki i tekhnologii Rossiyskoy Federatsii po tematike "Genetika i kachestvo zhizni" "Sovremennyye problemy zootekhnii"*. December 14, 2021. Moscow, Russia: ZooVetKniga, 2022:180–185. (In Russ.)

Сведения об авторах

Амерханов Харон Адиевич, академик РАН, д-р с.-х. наук, профессор, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: h.amerhanov@rgau-msha.ru; тел.: (499) 976–40–40

Жирков Алексей Дмитриевич, канд. ветеринар. наук, руководитель, Государственное бюджетное учреждение Республики Саха (Якутия) «Сахаагроплем»; 677901, Российская Федерация, г. Якутск, ул. Телефонистов (Марха Мкр.), 10; e-mail: alexey.dmitr.zhirkov@mail.ru; тел.: (964) 423–49–47

Филиппова Наталья Павловна, канд. биол. наук, заведующий лабораторией молекулярно-генетической экспертизы и селекционного контроля качества молока, Государственное бюджетное учреждение Республики Саха (Якутия) «Сахаагроплем»; 677901, Российская Федерация, г. Якутск, ул. Телефонистов (Марха Мкр.), 10; e-mail: alexey.dmitr.zhirkov@mail.ru; тел.: (914) 303–43–95

Мордовской Ньургун Николаевич, начальник отдела по селекционно-племенной работе, Государственное бюджетное учреждение Республики Саха (Якутия) «Сахаагроплем»; 677901, Российская Федерация, г. Якутск, ул. Телефонистов (Марха Мкр.), 10; e-mail: mordovskoi@mail.ru; тел.: (914) 272–84–85

Адушинова Анна Николаевна, главный специалист лаборатории молекулярно-генетической экспертизы и селекционного контроля качества молока, Государственное бюджетное учреждение Республики Саха (Якутия) «Сахаагроплем»; 677901, Российская Федерация, г. Якутск, ул. Телефонистов (Марха Мкр.), 10; e-mail: alexey.dmitr.zhirkov@mail.ru; тел.: (924) 360–00–83

Information about authors

Kharon A. Amerkhanov, Full Member of the Russian Academy of Sciences, DSc (Ag), Professor, Professor at the Department of Dairy and Beef Cattle Breeding, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation); phone: (499) 976–40–40; e-mail: h.amerhanov@rgau-msha.ru

Aleksey D. Zhirkov, CSc (Vet), State Budgetary Institution of the Republic of Sakha (Yakutia) “Sakhaagroplem” (10 Telefonistov St., (Markha Dis.), Yakutsk, 677901, Russian Federation); phone: (964) 423–49–47; e-mail: alexey.dmitr.zhirkov@mail.ru

Natalia P. Filippova, CSc (Vet), Head of the Laboratory of Molecular Genetic Expertise and Breeding Control of Milk Quality, State Budgetary Institution of the Republic of Sakha (Yakutia) “Sakhaagroplem” (10 Telefonistov St., (Markha Dis.), Yakutsk, 677901, Russian Federation); phone: (914) 303–43–95; e-mail: alexey.dmitr.zhirkov@mail.ru

Nyurgun N. Mordovskoy, Head of the Department of the Animal Selection and Breeding Work, State Budgetary Institution of the Republic of Sakha (Yakutia) “Sakhaagroplem” (10 Telefonistov St., (Markha Dis.), Yakutsk, 677901, Russian Federation); phone: (914) 272–84–85; e-mail: mordovskoi@mail.ru

Anna N. Adushinova, Chief Specialist at the Laboratory of Molecular Genetic Expertise and Breeding Control of Milk Quality, State Budgetary Institution of the Republic of Sakha (Yakutia) “Sakhaagroplem” (10 Telefonistov St., (Markha Dis.), Yakutsk, 677901, Russian Federation); phone: (924) 360–00–83; e-mail: alexey.dmitr.zhirkov@mail.ru

МИКРОБИОМ РУБЦА И МОЛОЧНАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ КОРОВ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ФЕРМЕНТНО-ПРОБИОТИЧЕСКОЙ КОРМОВОЙ ДОБАВКИ «ПРОФОРТ»

А.И. АФАНАСЬЕВА¹, В.А. САРЫЧЕВ¹, Г.Ю. ЛАПТЕВ²,
Е.А. ЙЫЛДЫРЫМ², Л.А. ИЛЬИНА²

(¹ Алтайский государственный аграрный университет

² Санкт-Петербургский государственный аграрный университет)

Перевод молочного животноводства на промышленную основу способствует повышению продуктивных показателей скота, в том числе за счет перехода к однотипному круглогодовому кормлению. Однотипная система кормления способствует с физиологической точки зрения сохранению видового и количественного состава микрофлоры, поддержанию ее высокой ферментативной активности. При круглогодовом однотипном кормлении обеспечение организма животного биологически полноценным питанием является особенно важным и зависит не только от количества, но и от качества корма. Использование в рационе кормления добавок, в том числе на основе пробиотических препаратов, способствует улучшению процессов пищеварения, нормализации баланса микрофлоры и обмена веществ, повышению продуктивности животных. Целью исследований было проведение анализа микробиома рубца и молочной продуктивности коров при использовании ферментно-пробиотической кормовой добавки «Профорт» в условиях круглогодового однотипного кормления. Исследования проведены на лактирующих коровах голштинской породы. Коровам опытной группы трехкратно в течение 15 дней скармливали по 30,0 г пробиотика с перерывом по 15 дней. В опытной группе на уровне семейств наиболее существенные достоверные отличия обнаружены в таксонах целлюлозолитических бактерий Prevotellaceae, Oscillospiraceae, SR1. Максимальное суммарное содержание полезных целлюлозолитических бактерий после применения ферментно-пробиотического препарата отмечалось в рубцовом содержимом коров опытной группы ($75,34 \pm 2,0\%$), минимальное ($74,89 \pm 1,2\%$) – в контрольной группе. У коров опытной группы повышалось содержание лактат-утилизирующих бактерий, ферментирующих в рубце молочную кислоту до летучих жирных кислот, – в среднем до $1,14 \pm 0,5\%$. Показатели среднесуточного удоя увеличились от 4,7 до 6,1%, массовая доля жира и белка в молоке повысилась на 1,05–1,75 и 0,64–1,29% соответственно, в зависимости от периода скармливания.

Ключевые слова: микробиом рубца, лактирующие коровы, голштинская порода, ферментно-пробиотическая кормовая добавка «Профорт», молочная продуктивность.

Введение

Перевод молочного животноводства на промышленную основу имеет преимущества, связанные с возможностью роста численности поголовья животных, создания условий для повышения его продуктивных показателей, в том числе за счет перехода к однотипному круглогодовому кормлению. Однотипная технология кормления связана с тем, что сочные корма (силос, сенаж), концентраты и все добавки скармливают в виде смешанного сбалансированного рациона в течение 12 месяцев, вне зависимости от времени года. Преимуществом однотипного кормления крупного рогатого скота является отсутствие сезонных изменений типа кормления, что позволяет избежать резких изменений продуктивности лактирующих коров [1]. Считается, что сезонная смена рациона кормления и условий содержания вызывает у животных

стресс. Период адаптации к новым условиям может составлять от 14 и более дней, уровень молочной продуктивности за это время снижается на 20%. Однотипная система кормления способствует с физиологической точки зрения сохранению видового и количественного состава микрофлоры, поддержанию ее высокой ферментативной активности. Считается, что круглогодовой однотипный рацион кормления жвачных животных является залогом стабильной деятельности «симбиотической микрофлоры», оказывающей непосредственное влияние на продуктивность животных. В то же время использование системы круглогодического однотипного кормления возможно при стабильной кормовой базе на основе консервированных объемистых кормов, контроле и соответствии питательной ценности рациона физиологическим потребностям организма высокопродуктивных коров, при сохранении высокого качества кормов и других факторов [2, 3].

Получение от животных сырья высокого качества возможно только при кормлении, обеспечивающем организм всеми необходимыми компонентами, особенно при круглогодическом однотипном кормлении [4], которое зависит не только от количества, но и от качества корма [5].

При несбалансированности рационов по энергетическим веществам, витаминам, макро- и микроэлементам преобладание в рационе концентратов и присутствие в кормах токсических веществ разного происхождения приводят к необратимым процессам нарушения обмена веществ и функций всех систем организма [6]. Чаще всего подобного характера нарушения возникают у высокопродуктивных животных. Это проявляется нарушениями воспроизводительной функции, снижением показателей оплодотворяемости, осложнениями родовой деятельности и нарушением лактационной функции, что неизбежно снижает производство молока и экономическую эффективность молочного животноводства [2].

Качественные показатели всех видов кормов, используемых в рационе, могут негативно влиять на физиологические параметры организма животных и качественные показатели молока, производительность и себестоимость производства продукции [7].

Кормление жвачных животных должно быть направлено в первую очередь на питание и развитие микрофлоры желудочно-кишечного тракта, принимающей непосредственное участие в переваривании объемистых и концентрированных кормов, содержащих протеин, крахмал, целлюлозу и другие органические вещества. Использование в рационе кормления добавок, улучшающих процессы пищеварения, нормализующих баланс микрофлоры, способствует нормализации обмена веществ и повышению продуктивности животных. Улучшение переваримости питательных веществ при использовании пробиотических препаратов повышает уровень микробного белка, метаболической энергии, а следовательно, и молочной продуктивности животных. Пробиотические добавки способствуют оптимизации условий для развития симбиотической микрофлоры в рубце жвачных животных, оказывают регуляторное действие на микробиоценоз желудочно-кишечного тракта. Пробиотики включают в себя живые штаммы микроорганизмов в виде кормовых добавок [8].

Цель исследований: анализ микробиома рубца и молочной продуктивности коров при использовании ферментно-пробиотической кормовой добавки в условиях круглогодического однотипного кормления.

Материал и методы исследований

Экспериментальные исследования по изучению эффективности использования ферментно-пробиотической кормовой добавки «Профорт» (ООО «Биотроф») проведены на базе ООО «Агро-Сибирь» (Смоленский район Алтайского края) в 2023–2024 гг.

на высокопродуктивных лактирующих коровах черно-пестрой голштинской породы со средней живой массой 550 кг, имеющих молочную продуктивность не менее 9500 кг.

Формирование контрольной ($n = 20$) и опытной ($n = 20$) групп животных происходило в весеннее время года, в соответствии с методикой сбалансированных групп-аналогов, рекомендованной А.И. Овсянниковым (1976). Содержание животных – беспривязное, кормление – круглогодичное однотипное в соответствии с детализированными нормами кормления (А.П. Калашников и др., 2003). Тип кормления – силосно-сенажно-концентратный. Лактирующим коровам опытной группы в основной рацион включали ферментно-пробиотическую кормовую добавку «Профорт» в дозе 30,0 г в сутки, ежедневно в течение 15 дней. Скармливание кормовой добавки было трехкратным с перерывом по 15 дней.

Основой ферментно-пробиотического препарата «Профорт» являются специально отселекционированные штаммы бактерий *Bacillus megaterium* и *Enterococcus faecium*. В клетках *B. megaterium* и *Ent. faecium* в составе пробиотика «Профорт» имеется ряд ферментов, участвующих в биосинтезе незаменимых аминокислот, органических кислот, витаминов и других важнейших соединений. Штамм *B. megaterium* содержит гены, продуцирующие высокоактивный антиоксидант глутатион, который является ключевым элементом системы поддержания стабильности клеточных биополимеров, препятствуя апоптозу и повышая их способность переносить токсические нагрузки. За счет синергизма с бактериями штамма *B. megaterium* микроорганизмы штамма *Ent. faecium* проявляют высокую способность к детоксикации и разложению метаболитов плесневых грибов, развивающихся в кормах при длительном хранении [9].

Динамику показателей молочной продуктивности, жирно- и белкомолочности у лактирующих коров при включении в рацион ферментно-пробиотической кормовой добавки «Профорт» оценивали, используя данные ИАС «Селэкс» и программы «М-комплекс».

Для проведения анализа качественного состава микробиома рубца были получены пробы рубцового содержимого методом зондирования от коров контрольной и опытной групп до включения в рацион ферментно-пробиотической кормовой добавки «Профорт» от 3 гол., а затем, после трехкратного введения добавки и окончания проведения эксперимента, – по 3 пробы от животных контрольной и опытной групп.

Лабораторное исследование образцов и биоинформатическая обработка результатов были проведены в условиях молекулярно-генетической лаборатории ООО «Биотроф+».

Исследование качественного и количественного состава бактериального сообщества в рубцовой жидкости коров было проведено с использованием молекулярно-генетического метода секвенирования следующего поколения (NGS) на платформе MiSeq (Illumina, Inc., США) и с последующей обработкой полученных данных методами вариационной статистики.

Была проведена оценка состава микробиома рубцовой жидкости коров на разной стадии лактации черно-пестрой голштинской породы.

Выделение ДНК из образцов рубцовой жидкости производилось с помощью готового набора Genomic DNA Purification Kit (Thermo Fisher Scientific, Inc., США).

Секвенирование методом NGS проведено с помощью праймеров для V3-V4 региона гена 16S рРНК. Максимальная длина полученных последовательностей составила 2½250 п.н.

Прямой праймер: 5'-TCGTCGGCAG CGTCAGATGTGTATAAGAGACAGCC TACGGGNGGCWGCAG-3';

Обратный праймер: 5'-GTCTCGTGGGCTCGGAGATGTGTATAAGAGACAGG-ACTACHVGGGTATCTAATCC-3'.

Условия проведения амплификации:

1 цикл – денатурация матричной ДНК в течение 3 мин при температуре +95°C; в течение 30 с при температуре +95°C;

2 цикл – отжиг праймеров в течение 30 с при температуре +55°C;

3 цикл – достраивание цепей праймеров в течение 30 с при температуре +72°C (25 циклов);

4 цикл – окончательная элонгация в течение 5 мин при температуре +72°C.

Наборы реагентов и оборудование для секвенирования микробиома рубца:

1. Nextera® XT IndexKit (Illumina, Inc.) – секвенирование для подготовки библиотек микроорганизмов рубцового содержимого.

2. Agencourt AMPure XP (Beckman Coulter, Inc., США) – для очистки ПЦР-продуктов.

3. MiSeq® ReagentKit v2 (500 cycle) (Illumina, Inc.) – проведение секвенирования.

4. High Sensitivity DNA Kit (Agilent, США) – набор для высокочувствительного анализа ДНК, позволяющий провести оценку библиотеки микроорганизмов рубцового содержимого.

5. Биоанализатор Agilent 2100 (Agilent, США).

Программное обеспечение для проведения биоинформационного анализа:

1. QIIME2 v. 2020.8 (Quantitative Insights Into Microbial Ecology) – Биоинформатическая платформа для анализа микробиома на основе необработанных данных секвенирования ДНК и фильтрации шумовых последовательностей (проводили с помощью встроенного метода DADA2).

2. Программный пакет MAFFT для построения филогении de novo.

3. Справочная база данных Silva 138.1 для анализа таксономии (<https://www.arb-silva.de/documentation/release-138.1/>).

4. Математическая и статистическая обработка результатов оценки микробиома рубцового содержимого осуществлялась методом многофакторного дисперсионного анализа (Multifactor ANalysis Of VAriance, ANOVA) в программах Microsoft Office Excel 2010, R-Studio (v. 1.1.453)

5. Для проверки нормальности распределения данных и однородности дисперсий использовали критерий Шапиро-Уилка и теста Левене соответственно. Для коррекции эффекта множественных сравнений рассчитывали критерий достоверно значимой разности Тьюки (Tukey's HSD test).

Анализ количественных и качественных показателей молочной продуктивности коров проведен с использованием методов вариационной статистики. Были рассчитаны средние значения и стандартные ошибки средних для обеих групп на каждом этапе скармливания препарата. Сравнение средних значений проводилось с помощью теста Стьюдента для независимых выборок.

Результаты и их обсуждение

Изучение эффективности использования ферментно-пробиотической кормовой добавки «Профорт» в рационе лактирующих коров при круглогодичном однотипном кормлении сопровождалось проведением NGS-секвенирования микробиома рубцовой жидкости. С этой целью было изучено 293,382 секвенированных последовательностей гена 16S рРНК.

Известно, что основное функциональное значение микроорганизмов, населяющих рубец крупного рогатого скота, заключается в ферментации составных частей растительного корма и образовании веществ, обладающих высокой энергетической ценностью [10].

Исследования показали, что фоновый состав микробиома рубца до включения в рацион ферментно-пробиотической кормовой добавки «Профорт» характеризовался доминированием 20 бактериальных филумов и суперфилумов (рис. 1), среди которых наиболее многочисленными были *Bacteroidota*, *Firmicutes* и *Proteobacteria*. Максимальная концентрация соответствовала филуму *Firmicutes* (от $56,8 \pm 4,9$ до $74,8 \pm 3,15\%$). Вероятно, доминирующие бактерии, выявленные в рубцовом содержимом коров, играют ключевую роль в усвоении основных компонентов рациона (таких, как целлюлоза, гемицеллюлоза, крахмал, органические кислоты и белки) и преобразовании веществ в промежуточные энергетические субстраты в рубце.

На уровне филумов наиболее выраженные изменения в составе микробиома рубца у коров опытной группы ($p \leq 0,05$) при введении в рацион ферментно-пробиотической кормовой добавки «Профорт» были отмечены в содержании представителей *Firmicutes* и *Bacteroidota* ($p \leq 0,05$). Среднее содержание представителей суперфилума *Bacteroidota* в пробах, отобранных от коров в конце эксперимента, оказалось больше по сравнению с образцами от начала опыта. Эти микроорганизмы используют крахмал для производства короткоцепочечных жирных кислот, и их количество повышается при использовании рационов, содержащих большое количество крахмала и моносахаридов.

При более детальном рассмотрении, до уровня семейств (рис. 2), наблюдалась аналогичная картина схожего микробного пейзажа.

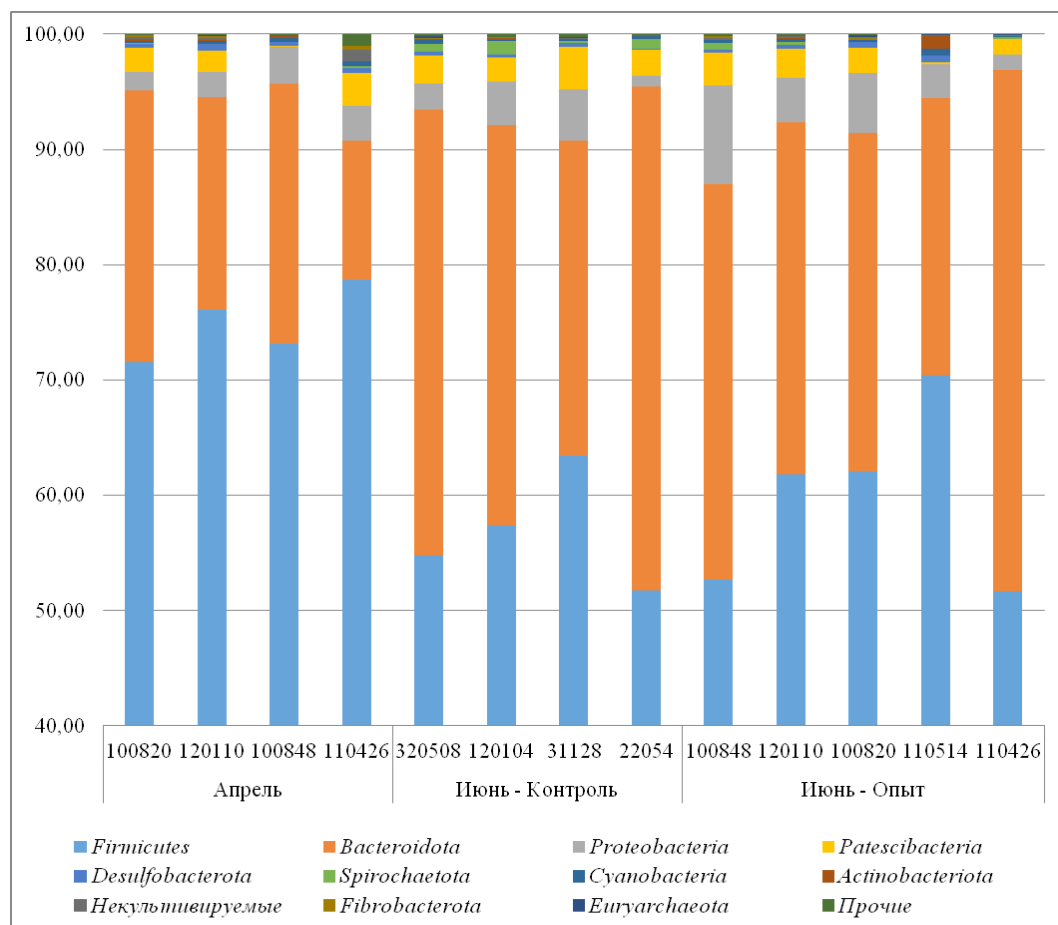


Рис. 1. Состав микробиома рубцовой жидкости коров в динамике исследований, %

Изучение микробиома рубца у животных экспериментальных групп на уровне семейств показало, что в рубцовом содержимом коров опытной группы увеличилось содержание семейства *Lachnospiraceae* относительно контрольных животных. Бактерии этого семейства отвечают за метаболизм полисахаридов, содержащихся в корме, и производят различные короткие цепочки жирных кислот, которые могут использоваться в качестве энергии для животных при производстве продукции [11].

При проведении исследований наибольший интерес представляло влияние ферментно-пробиотической кормовой добавки «Профорт» на таксономический состав микробиома рубца, в связи с чем было рассчитано значение *p*-value при попарном сравнении каждого таксона между контрольной и опытной группами, а также с животными до начала применения кормовой добавки. По достоверно (*p*-value<0,05) отличающимся семействам построена тепловая карта, представленная на рисунке 3.

Результаты исследований показали, что в микробиоме рубца коров опытной группы на уровне семейств обнаружены достоверные отличия в таксонах *Prevotellaceae*, *Oscillospiraceae*, SR1 и пр. Содержание бактерий семейства *Prevotellaceae*, которые в основном представлены родом *Prevotella*, возрастает при рационах, содержащих большое количество крахмала и моносахаридов, так как эти микроорганизмы используют крахмал для производства короткоцепочечных жирных кислот. Представители семейства *Oscillospiraceae* имеют значительный набор гликозидгидролаз, необходимых для деградации целлюлозы и гемицеллюлозы кормов, а SR1 является относительно новой группой бактерий. Функции их в микробиоме все еще не очень хорошо понятны, и они относятся к порядку *Abconditabacterials*.

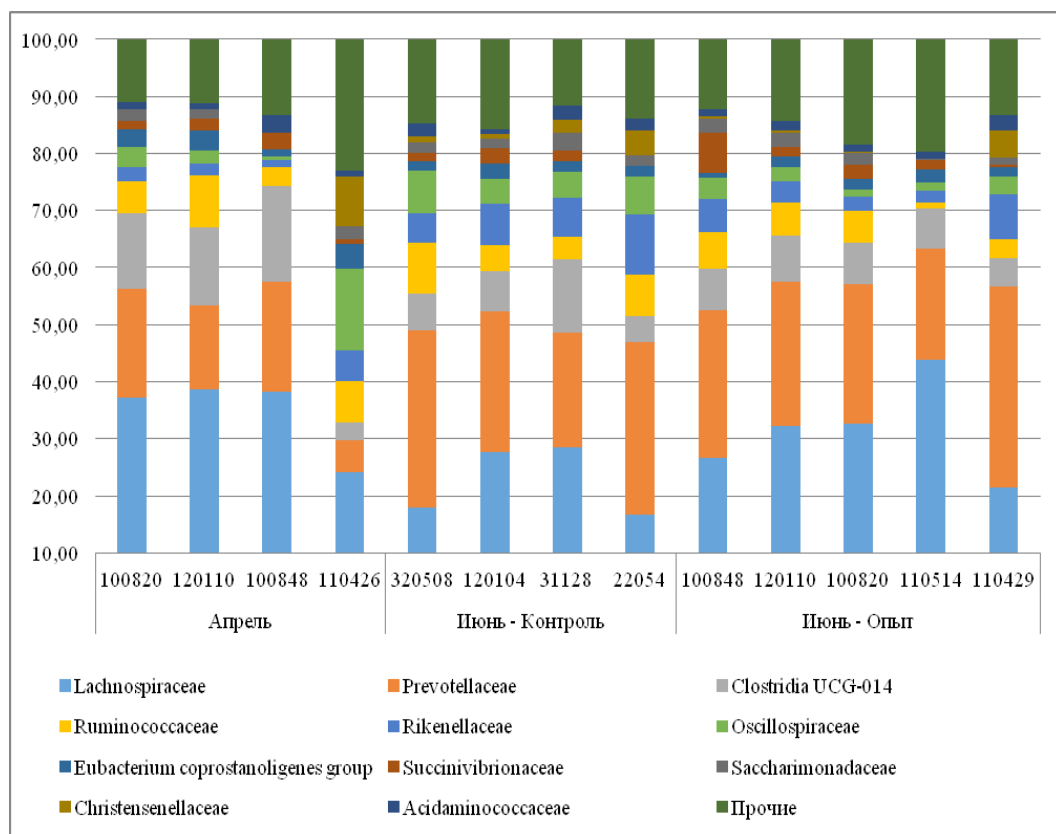


Рис. 2. Состав микробиома рубцовой жидкости коров в динамике исследований, %

Целлюлозолитические бактерии рубцового содержимого у коров до применения кормовой добавки, способствующие расщеплению клетчатки растительных кормов, в основном представлены семействами *Prevotellaceae*, *Lachnospiraceae*, *Clostridia UCG-014*, *Eubacterium*, *Oscillospiraceae*, *Hungateiclostridiaceae*, *Christensenellaceae* и *Ruminococcaceae* (рис. 4).

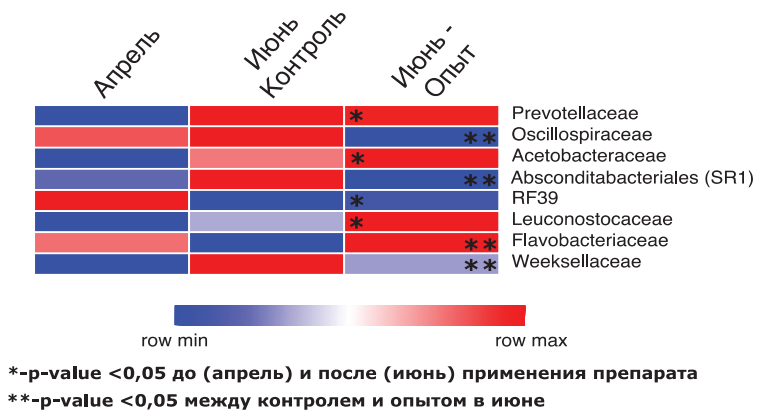


Рис. 3. Тепловая карта биоразнообразия микробного сообщества в рубце коров на уровне филума

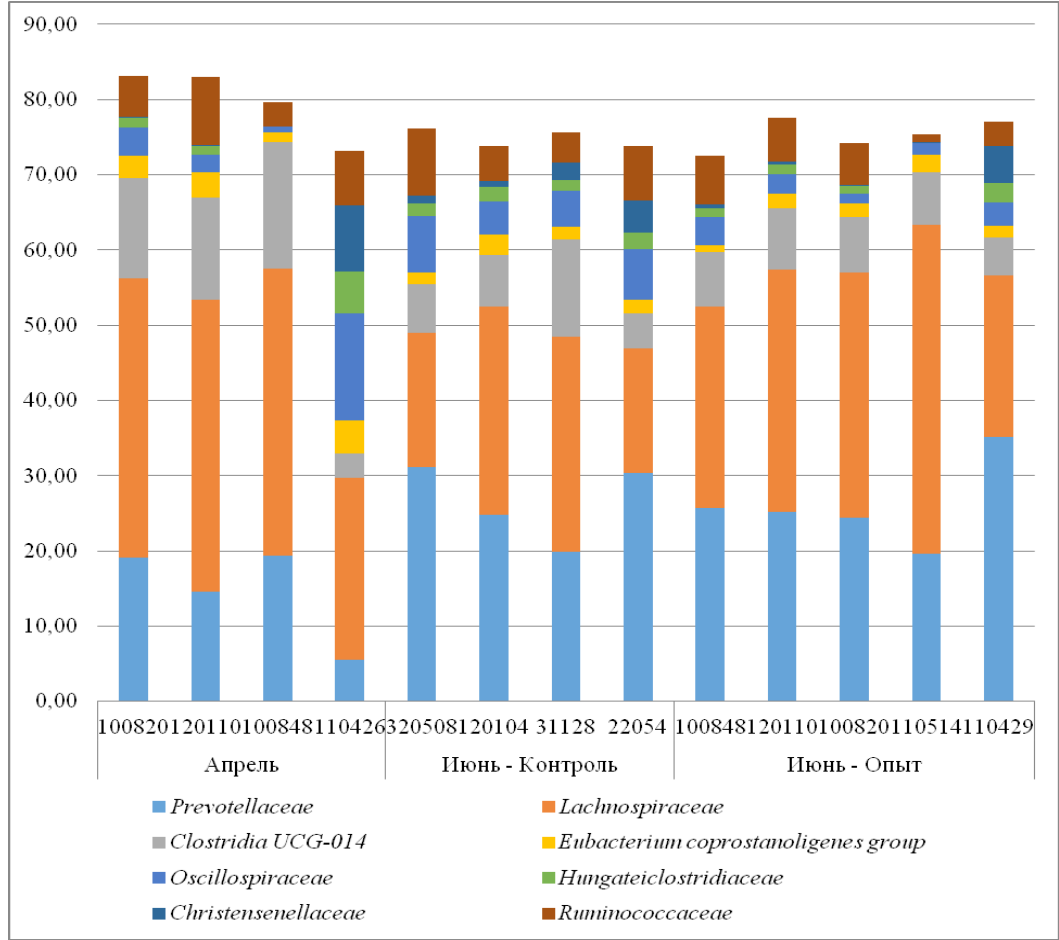


Рис. 4. Динамика содержания целлюлозолитических бактерий у коров, %

Наивысшее среднее суммарное содержание полезных целлюлозолитических бактерий было отмечено в образцах, отобранных до начала эксперимента, и составляло $79,73 \pm 4,6\%$ от общего количества обнаруженных микроорганизмов. После проведения эксперимента в образцах рубцового содержимого коров контрольной группы доля данных микроорганизмов значительно снизилась (до $74,89 \pm 1,2\%$), а в образцах опытной группы содержание целлюлозолитических микроорганизмов оказалось выше – $75,34 \pm 2,0\%$.

Функциональное значение лактат-утилизирующих бактерий заключается в ферментации молочной кислоты, которая образуется при высококонцентратном типе кормления животных и может являться причиной нарушения обмена веществ и развития ацидоза. Лактат-утилизирующие бактерии нейтрализуют молочную кислоту и способствуют ее превращению в летучие жирные кислоты, которые используются организмом как источники органических веществ (глюкоза, молочный жир и т.д.).

Исследования показали, что при скармливании лактирующим коровам ферментно-пробиотической кормовой добавки концентрация лактат-утилизирующих микроорганизмов увеличилась. У животных опытной группы она составляла $1,14 \pm 0,5\%$, что выше, чем у коров контрольной группы. Наименьшая концентрация этих микроорганизмов ($0,72 \pm 0,6\%$) отмечалась в образцах животных до начала опыта.

Установленные в ходе исследований изменения в состоянии микробиома рубца лактирующих коров опытной группы способствовали повышению среднесуточного удоя после первого этапа скармливания на $6,1\%$ (до $43,6$ кг) у коров опытной группы в сравнении с контрольной группой животных ($41,1$ кг). Молочная продуктивность коров после повторного скармливания препарата оставалась выше на $4,6\%$ ($46,1$ кг) в сравнении со значениями, установленными у животных контрольной группы ($44,04$ кг).

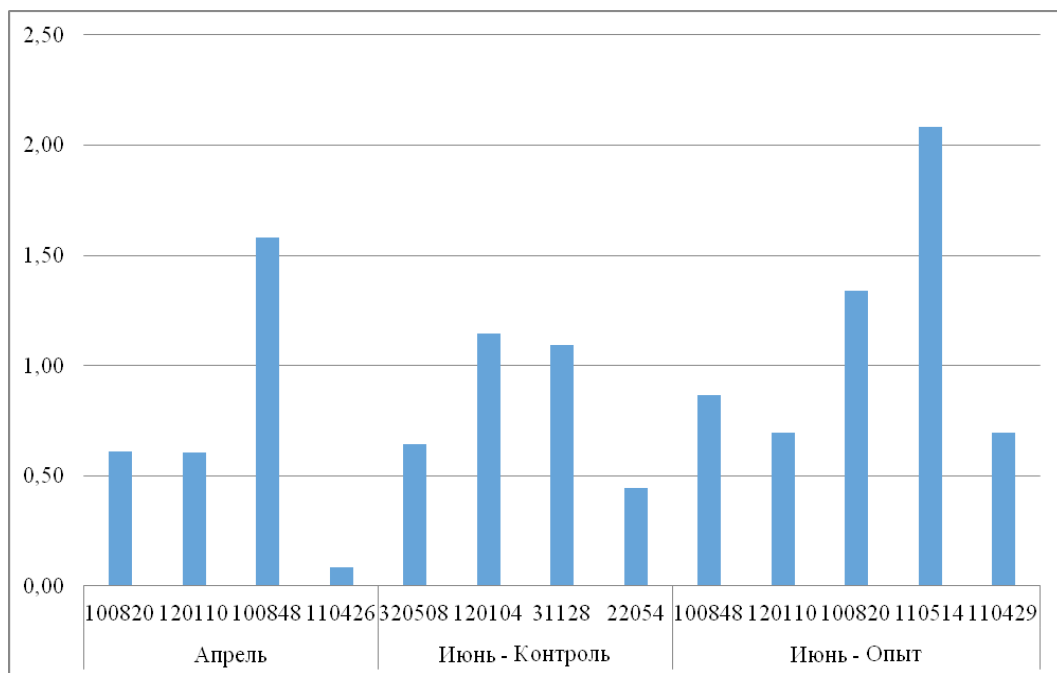


Рис. 5. Динамика содержания лактат-утилизирующих бактерий у коров, %

На третьем месяце исследований, после очередного введения препарата (3-й этап скармливания), уровень среднесуточных удоев снизился на 6 л, или на 13%, до 40,1 кг в сравнении с предыдущим этапом, но оставался выше, чем у контрольных животных, на 1,9 л, или на 4,9% (38,2 кг). Одним из возможных механизмов повышения молочной продуктивности лактирующих коров при включении в рацион ферментно-пробиотической кормовой добавки «Профорт» является повышение количества целлюлозолитических бактерий (рис. 4), а также бактерий, ферментирующих молочную кислоту в рубце лактирующих коров (рис. 5).

Основные преобразования и превращения растительных кормов связаны с функциональной деятельностью целлюлозолитических бактерий [9]. Под действием лактат-утилизирующих бактерий молочная кислота метаболизируется и используется как дополнительный источник энергии, необходимый, в том числе, при синтезе составных частей молока [12–15]. В исследованиях Г.Ю. Лаптева и др. (2020) [9] установлена связь между количеством целлюлозолитических, лактат-ферментирующих бактерий и молочной продуктивностью коров.

Нашими исследованиями установлено, что трехкратное введение в рацион кормления лактирующих коров ферментно-пробиотической кормовой добавки «Профорт» сопровождалось повышением массовой доли жира в молоке на 1,05–1,75% и массовой доли белка на 0,64–1,29%.

Выводы

Использование в рационе кормления высокопродуктивных лактирующих коров при круглогодичном одностипном кормлении ферментно-пробиотической кормовой добавки «Профорт» (ООО «Биотроф») способствует повышению молочной продуктивности от 4,6 до 6,1%, массовой доли жира и белка в молоке на 1,05–1,75 и 0,64–1,29% соответственно. Одними из возможных механизмов повышения количественных и качественных показателей молока коров следует считать изменения в составе микробиома рубца, увеличение концентрации микроорганизмов (целлюлозолитических, лактат-утилизирующих), ферментирующих промежуточные продукты распада компонентов корма до образования летучих жирных кислот, необходимых для синтеза компонентов молока.

Работа выполнена в рамках государственного задания № 082–03–2024–223 Министерства сельского хозяйства РФ.

Библиографический список

1. Денисов Н.И. Кормление высокопродуктивных коров. – М.: Россельхозиздат, 1982. – 121 с.
2. Романенко Л.В., Волгин В.И., Федорова З.Л., Корочкина Е.А. Полноценные кормовые смеси для коров высокой и рекордной продуктивности // Научное обозрение. Биологические науки. – 2016. – № 1. – С. 90–95.
3. Харитонов Е.Л. Современные проблемы при организации нормирования питания высокопродуктивного молочного скота // Молочное и мясное скотоводство. – 2010. – № 4. – С. 16–18.
4. Пиатковский Б., Кауффольд П., Фойгт Ю. и др. Использование питательных веществ жвачными животными / Пер. с нем. Н.С. Гельмана; Под ред. А.М. Холманова. – М.: Колос, 1978. – 424 с.
5. Курятова Е.В., Тюкавкина О.Н., Груздова О.В. Профилактика ацидоза коров пробиотическим препаратом и его влияние на молочную продуктивность // Дальневосточный аграрный вестник. – 2021. – № 3 (59). – С. 44–54.

6. Боголюбова Н.В., Рыков Р.А. Биохимический статус организма молочных коров и молодняка крупного рогатого скота с использованием в питании энергетических и фитобиотических компонентов // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. – 2019. – Т. 239 (III). – С. 44–51.
7. Трухачев В.И., Злыднев Н.З., Дридигер В.К. и др. Продуктивность коров при различных вариантах однотипного кормления: Научно-практические рекомендации / Ставропольский ГАУ. – Ставрополь: Агрус, 2009. – 54 с.
8. Reynolds C.K., Huntington G.B., Tyrrell H.F., Reynolds P.J. Net metabolism of volatile fatty acids, d- β -hydroxybutyrate, nonesterified fatty acids, and blood gases by portal-drained viscera and liver of lactating Holstein cows // Journal of Dairy Science. – 1988. – Vol. 71, № 9. – Pp. 2395–2405. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(88)79824-0.
9. Лантев Г.Ю., Новикова Н.И., Йылдырым Е.А. и др. Микробиом сельскохозяйственных животных: связь со здоровьем и продуктивностью: Монография. – СПб.: Проспект науки, 2020. – 336 с.
10. Clemmons B.A., Martino C., Powers J.B. et al. Rumen Bacteria and Serum Metabolites Predictive of Feed Efficiency Phenotypes in Beef Cattle // Sci Rep. – 2019. – Vol. 9, № 1. – Art. 19265. DOI: 10.1038/s41598-019-55978-y.
11. Некрасов Р.В., Чабаяев М.Г., Зеленченкова А.А. и др. Продуктивность крупного рогатого скота при обогащении рационов пробиотическим препаратом // Молочное и мясное скотоводство. – 2016. – № 7. – С. 19–22.
12. Janssen P.H., Kirs M. Structure of the archaeal community of the rumen // Applied and Environmental Microbiology. – 2008. – Vol. 74, № 12. – Pp. 3619–3625. DOI: 10.1128/AEM.02812-07.
13. Aschenbach J.R., Penner G.B., Stumpff F., Gäbel G. Ruminant nutrition symposium: Role of fermentation acid absorption in the regulation of ruminal pH // Journal of Animal Science. – 2011. – Vol. 89, № 4. – Pp. 1092–1107. DOI: 10.2527/jas.2010-3301.
14. Qumar M., Khiaosa-ard R., Pourazad F. et al. Evidence of in vivo absorption of lactate and modulation of short chain fatty acid absorption from the reticulorumen of non-lactating cattle fed high concentrate diets // PLoS ONE. – 2016. – Vol. 11, № 10. – Art. e0164192. DOI: 10.1371/journal.pone.0164192.
15. Reuben R.C., Elghandour M.M.M.Y., Alqaisi O. et al. Influence of microbial probiotics on ruminant health and nutrition: sources, mode of action and implications // J Sci Food Agric. – 2022. – Vol. 102, № 4. – Pp. 1319–1340. DOI: 10.1002/jsfa.11643.
16. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных: Справочное пособие / Под ред. А.П. Калашникова, В.И. Фисинина, В.В. Щеглова, Н.И. Клейменова. – Изд. 3-е, перераб. и доп. – М., 2003. – 456 с.

COW RUMEN MICROBIOME AND MILK PRODUCTIVITY WITH THE PROFORT ENZYME-PROBIOTIC FEED ADDITIVE

A.I. AFANAS'EVA¹, V.A. SARYCHEV¹, G.YU. LAPTEV², E.A. YILDYRYM², L.A. IL'INA²

(¹Altai State Agrarian University; ²Saint Petersburg State Agrarian University)

The transition of dairy farming to an industrial basis contributes to an increase in the productive indicators of cattle, including due to the transition to a uniform year-round feeding. From the physiological point of view, a uniform feeding system contributes to the preservation of the species and quantitative composition of the microflora, maintaining its high enzymatic activity. With year-round uniform feeding, it is particularly important to provide the animal's

body with biologically adequate nutrition, which depends not only on the quantity but also on the quality of the feed. The use of additives in the feed ration, including those based on probiotic preparations, helps to improve digestive processes, normalize the balance of microflora, metabolism and increase animal productivity. The aim of the research was to analyze the rumen microbiome and milk productivity of cows using the enzyme-probiotic feed additive Profort under conditions of year-round uniform feeding. The studies were conducted in lactating Holstein cows. The cows of the experimental group were fed 30.0 g of the probiotic three times during 15 days, with a 15-day interval. In the experimental group, at the family level, the taxa of cellulolytic bacteria Prevotellaceae, Oscillospiraceae, SR1. showed the most significant reliable differences. The maximum total content of beneficial cellulolytic bacteria after the use of the enzyme-probiotic preparation was found in the rumen content of the cows of the experimental group. It was $75.34 \pm 2.0\%$. The minimum content ($74.89 \pm 1.2\%$) was found in the control group. The content of lactate-utilizing bacteria, which ferment lactic acid in the rumen to volatile fatty acids, increased to an average of $1.14 \pm 0.5\%$ in the cows of the experimental group. The average daily milk yield increased from 4.7 to 6.1%, and the mass fraction of fat and protein in milk increased by 1.05–1.75% and 0.64–1.29%, respectively, depending on the feeding period.

Keywords: rumen microbiome, lactating cows, Holstein breed, enzyme-probiotic feed additive Profort, milk productivity.

References

1. Denisov N.I. *Feeding of high-yielding cows*. Moscow, USSR: Rosselkhozizdat, 1982:121. (In Russ.)
2. Romanenko L.V., Volgin V.I., Fedorova Z.L., Korochkina E.A. Full feed mixture for cows with high and recodr production. *Nauchnoe obozrenie. Biologicheskie nauki*. 2016;1:90–95. (In Russ.)
3. Kharitonov E.L. Modern problems at the organisation rationing a food of highly productive dairy cattle. *Journal of Dairy and Beef Cattle Breeding*. 2010;4:16–18. (In Russ.)
4. Piatkovskiy B., Kauffold P., Foygt Yu. et al. *Utilization of nutrients by ruminants*. Trans. from German. Ed. by A.M. Kholmanov. Moscow, USSR: Kolos, 1978:424. (In Russ.)
5. Kuryatova E.V., Tyukavkina O.N., Gruzdova O.V. Prevention of acidosis in cows with a probiotic and its effect on dairy productivity. *Dalnevostochniy agrarniy vestnik*. 2021;3(59):44–54. (In Russ.) <https://doi.org/10.24412/1999-6837-2021-3-44-54>
6. Bogolyubova N.V., Rykov R.A. Biochemical status of the organism of dairy cows and young cattle using energy and phytobiotic components in the diet. *Uchenye zapiski Kazanskoy gosudarstvennoy akademii veterinarnoy meditsiny im. N.E. Baumana*. 2019;239(III):44–51. (In Russ.)
7. Trukhachev V.I., Zlydnev N.Z., Dridiger V.K. et al. *Productivity of cows at different variants of single-type feeding: research and practice guidelines*. Stavropol, Russia: Agrus, 2009:54. (In Russ.)
8. Reynolds C.K., Huntington G.B., Tyrrell H.F., Reynolds P.J. Net metabolism of volatile fatty acids, d- β -hydroxybutyrate, nonesterified fatty acids, and blood gases by portal-drained viscera and liver of lactating Holstein cows. *Journal of Dairy Science*. 1988;71(9):2395–2405. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(88\)79824-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(88)79824-0)
9. Laptev G.Yu., Novikova N.I., Yildirim E.A. et al. *Microbiome of farm animals: relationship to health and productivity: a monograph*. St. Petersburg, Russia: Prospekt nauki, 2020:336. (In Russ.)
10. Clemmons B.A., Martino C., Powers J.B., Campagna S.R. et al. Rumen Bacteria and Serum Metabolites Predictive of Feed Efficiency Phenotypes in Beef Cattle. *Sci Rep*. 2019;9(1):19265. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-55978-y>

11. Nekrasov R.V., Chabaev M.G., Zelenchenkova A.A., Suslova I.A. et al. Productivity cattle at enrichment diets probiotic. *Journal of Dairy and Beef Cattle Breeding*. 2016;7:19–22. (In Russ.)
12. Janssen P.H., Kirs M. Structure of the archaeal community of the rumen. *Applied and Environmental Microbiology*. 2008;74(12):3619–3625. <https://doi.org/10.1128/AEM.02812-07>
13. Aschenbach J.R., Penner G.B., Stumpff F., Gäbel G. Ruminant nutrition symposium: Role of fermentation acid absorption in the regulation of ruminal pH. *Journal of Animal Science*. 2011;89(4):1092–1107. <https://doi.org/10.2527/jas.2010-3301>
14. Kumar M., Khiaosa-ard R., Pourazad F., Wetzels S. et al. Evidence of in vivo absorption of lactate and modulation of short chain fatty acid absorption from the reticulorumen of non-lactating cattle fed high concentrate diet. *PLoS ONE*. 2016;11(10): e0164192. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0164192>
15. Reuben R.C., Elghandour M.M.M.Y., Alqaisi O., Cone J.W. et al. Influence of microbial probiotics on ruminant health and nutrition: sources, mode of action and implications. *J Sci Food Agric*. 2022;102(4):1319–1340. <https://doi.org/10.1002/jsfa.11643>
16. *Norms and rations of feeding of farm animals*: a reference book. 3d ed., rev. and updat. Moscow, Russia: Znanie, 2003:456. (In Russ.)

Сведения об авторах

Антонина Ивановна Афанасьева, д-р биол. наук, профессор, заведующий кафедрой общей биологии, биотехнологии и разведения животных, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Алтайский государственный аграрный университет»; 656049, Российская Федерация, Алтайский край, г. Барнаул, пр-т Красноармейский, 98; e-mail: antonina59-09@mail.ru; тел.: (905) 928–32–80

Владислав Андреевич Сарычев, канд. биол. наук, доцент кафедры общей биологии, биотехнологии и разведения животных, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Алтайский государственный аграрный университет»; 656049, Российская Федерация, Алтайский край, г. Барнаул, пр-т Красноармейский, 98; e-mail: Smy-asau@yandex.ru; тел.: (902) 140–62–71

Лаптев Георгий Юрьевич, д-р биол. наук, профессор кафедры крупного животноводства, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет»; 196601, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, 2; e-mail: georg-laptev@rambler.ru; тел: (812) 470–04–22

Иылдырым Елена Александровна, д-р биол. наук, профессор кафедры крупного животноводства, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет»; 196601, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, 2; e-mail: deniz@biotrof.ru; тел: (812) 470–04–22

Ильина Лариса Александровна, д-р биол. наук, профессор кафедры крупного животноводства, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет»; 196601, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, 2; e-mail: ilina@spbgau.ru; тел: (812) 470–04–22

Information about the authors:

Antonina I. Afanas'eva, DSc (Bio), Professor, Head of the Department of General Biology, Biotechnology and Animal Husbandry, Altai State Agricultural University (98 Krasnoarmeyskiy Dr., Barnaul, Altai Krai, 656049, Russian Federation); phone: (905) 928-32-80

Vladislav A. Sarychev, CSc (Bio), Assistant Professor at the Department of General Biology, Biotechnology and Animal Husbandry, Altai State Agricultural University (98 Krasnoarmeyskiy Ave., Barnaul, Altai Krai, 656049, Russian Federation); phone: (902) 140-62-71

Georgiy Yu. Laptev, DSc (Bio), Professor at the Department of Large Animal Husbandry, Saint Petersburg State Agrarian University (2 Peterburgskoe Hwy., Pushkin, St. Petersburg, 196601, Russian Federation); phone: (812) 470-04-22

Elena A. Yildyrym, DSc (Bio), Professor at the Department of Large Animal Husbandry, Saint Petersburg State Agrarian University (2 Peterburgskoe Hwy., Pushkin, St. Petersburg, 196601, Russian Federation); phone: (812) 470-04-22

Larisa A. Il'ina, DSc (Bio), Professor at the Department of Large Animal Husbandry, Saint Petersburg State Agrarian University (2 Peterburgskoe Hwy., Pushkin, St. Petersburg, 196601, Russian Federation); phone: (812) 470-04-22

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ВАКЦИНАЦИИ НА КАЧЕСТВО МОЛОКА КОРОВ

Е.В. ИВАНОВ¹, А.В. КАПУСТИН¹, Н.Н. АВДУЕВСКАЯ²

(¹Федеральный научный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной ветеринарии имени К.И. Скрябина и Я.Р. Коваленко РАН

²Вологодский филиал Федерального научного центра –
Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной ветеринарии имени К.И. Скрябина и Я.Р. Коваленко РАН)

Получение высококачественного коровьего молока является актуальной задачей сельскохозяйственных предприятий. Огромное влияние на качество молока оказывают маститы ввиду повышения соматических клеток в молоке и бактериальной обсемененности его микроорганизмами. Для решения данной проблемы провели опыт по изучению влияния вакцинации коров на заболеваемость их маститом и на уровень соматических клеток в молоке. За период исследований установили, что в опытной группе (вакцинированные животные) коровы болели маститом в 6,1 раза реже, чем в контрольной группе (невакцинированные животные). В опытной группе число переболевших животных по месяцам исследования отличалось незначительно и варьировало от 14,1 до 17,5%. В контрольной группе этот показатель был выше в 4,7; 7,0 и 6,8 раза в 1-й месяц, в период со 2-го по 3-й месяцы и с 4-го по 6-й месяцы исследований соответственно. По форме заболевания количество выявленных коров с субклиническим маститом в контрольной группе оказалось в 5,0; 5,7 и 5,6 раза выше, чем в опытной, в аналогичные периоды исследований. Клиническим маститом в опытной группе коровы заболевали также реже – в 4,1; 10,1 и 9,1 раза. Максимальное среднее значение соматических клеток в молоке коров опытной группы выявлено в первый месяц после отела – 240 тыс. шт/см³. В остальные месяцы этот показатель был ниже и варьировал от 200 до 210 тыс. шт/см³. В отдельности у коров опытной группы количество соматических клеток не превышало нормы (до 400 тыс. шт/см³). В контрольной группе этот показатель был выше и составлял от 520 до 600 тыс. шт/см³, причем данные по соматическим клеткам сильно варьировали, пик показателя отмечен в 4-й месяц исследования. Таким образом, вакцинация способствует снижению заболеваемости животных маститом и уровня соматических клеток в молоке, что положительно отражается на его качестве.

Ключевые слова: мастит, коровы, соматические клетки, вакцинация, качество молока, профилактика.

Введение

В соответствии со статистическими данными в настоящее время производство молочных продуктов в нашей стране не удовлетворяет в полном объеме потребности людей. Для производства молочных продуктов важно использовать качественное сырье – молоко [5]. В связи с этим вопросы по получению высококачественного молока коров являются актуальными. Безопасность молока зависит от различных показателей [12]. Большое влияние на снижение его качества оказывают маститы ввиду обсемененности молока микроорганизмами и значительного повышения в нем уровня соматических клеток, которые являются одним из главных показателей качества молока [3, 11]. Изучение соматических клеток осуществляется во многих странах для определения сорта и, соответственно, для установления цены на молоко [19].

При увеличении соматических клеток происходит уменьшение следующих показателей в молоке: сухих веществ, витаминов, минералов, казеина, молочного жира и др. Перечисленные вещества влияют как на вкусовые, так и на физические свойства молока [1, 2, 4, 13, 21]. Помимо этого, при увеличении соматических клеток снижается и молочная продуктивность коров. Согласно данным литературы при повышении числа соматических клеток в молоке от 250 до 500 тыс. шт. в 1 мл происходит снижение удоя на 340-680 кг, возрастает заболеваемость коров маститами. Так, у коров с числом соматических клеток в молоке выше 500 тыс. шт. в 1 мл была понижена продуктивность и отмечена самая высокая встречаемость клинической формы мастита [10].

Результаты исследователей доказывают, что соматические клетки являются индикаторами как резистентности, так и восприимчивости коров к маститу. Повышение уровня соматических клеток в молоке принято считать одним из симптомов субклинического мастита. В связи с этим по увеличению уровня соматических клеток можно отслеживать возникновение субклинического мастита как в стадах, так и у отдельных коров [15, 17, 20, 21]. Известно, что количество соматических клеток в молоке повышается сразу после отела и перед запуском, во время течки, с возрастом, а также при маститах, эндометритах и ряде других заболеваний [3, 13].

Мастит коров наносит крупный экономический ущерб хозяйствам. В сравнении с другими заразными и незаразными заболеваниями крупного рогатого скота этот ущерб является наибольшим. Исследователи отмечают, что повышение числа соматических клеток даже на 5% приводит к невозможности изготовления молочных продуктов высокого качества [16].

Для решения данной проблемы необходимо постоянное усовершенствование мер профилактики. В связи с этим вакцинация коров против мастита является одной из эффективных мер, позволяющих снизить заболеваемость животных, что повлечет уменьшение уровня соматических клеток в молоке и, соответственно, повышение его качества [6-9]. В свою очередь, качественная продукция, обладающая высокими потребительскими свойствами, является предметом повышенного спроса, что благоприятно будет влиять и на доход предприятий молочной промышленности [14].

Цель исследований: оценить влияние вакцинации коров на заболеваемость их маститом и на уровень соматических клеток в молоке.

Материал и методы исследований

В опыте участвовали две группы стельных коров по 120 гол. (табл. 1).

Коров опытной и контрольной группы оценивали по двум критериям: заболеваемость животных маститом и количество соматических клеток в молоке (тыс. шт/см³). Для этого ежемесячно в течение 6 месяцев после отела всех коров проверяли на клинический и субклинический мастит и производили подсчет числа соматических клеток. Проводили пальпацию и внешний осмотр вымени животных, обращали внимание на внешние изменения молока, исследовали молоко с помощью быстрого маститного теста с использованием Кенотеста (страна-производитель – Бельгия). Подсчет числа соматических клеток производили с помощью вискозиметрического анализатора молока «Соматос-Мини». Периодом исследований по количеству переболевших маститом животных считали 1-й месяц после отела, со 2-го по 3-й месяцы исследований после отела и с 4-го по 6-й месяцы соответственно.

Схема проведения опыта

Группа	Количество животных, гол.	Препарат для введения	Состав препарата	Способ и место введения	Схема применения
Опытная	120	Комбовак-Эндомаст, производитель – ООО «Ветбиохим»	<i>Escherichia coli</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Streptococcus agalactiae</i> , <i>Streptococcus dysgalactiae</i> , <i>Streptococcus uberis</i> , <i>Streptococcus pyogenes</i> , <i>Klebsiella pneumoniae</i> не менее $3,5 \cdot 10^9$ КОЕ каждого штамма в иммунизирующей дозе	Подкожно в область средней трети шеи	Двукратно, с интервалом 21-28 дней. Первую дозу в объеме 3 см^3 вводили за 55-70 дней до отела и повторно за 25-30 дней до предполагаемого отела в том же объеме
Контрольная	120	0,9%-ный стерильный физиологический раствор	Натрия хлорид, вода для инъекций	Подкожно в область средней трети шеи	Двукратно, с интервалом 21-28 дней. Первую дозу в объеме 3 см^3 вводили за 55-70 дней до отела и повторно за 25-30 дней до предполагаемого отела в том же объеме

При проведении испытаний руководствовались Наставлением по диагностике, терапии и профилактике мастита у коров (№ 13-5-2/1948, утв. МСХ РФ 30 марта 2000 г.) и ГОСТ 23453-2014 «Молоко сырое. Методы определения соматических клеток».

Обработку полученных данных проводили с помощью программного обеспечения Microsoft Office Excel 2019.

Результаты и их обсуждение

За период исследований (с 1-го по 6-й месяцы после отела) установили, что невакцинированные животные переболели маститом гораздо чаще, чем вакцинированные. В обеих группах коровы переболели маститом как однократно, так и повторно (табл. 2).

Из данных таблицы 2 следует, что в опытной группе коровы болели маститом в 6,1 раза реже, чем в контрольной группе. В опытной группе число переболевших животных по месяцам исследования отличалось незначительно и варьировало от 14,1 до 17,5%. В контрольной группе этот показатель был выше в 4,7; 7,0 и 6,8 раза в 1-й месяц, в период со 2-го по 3-й месяцы и с 4-го по 6-й месяцы исследований соответственно.

По характеру проявлений заболевания в опытной и контрольной группах отмечали субклиническую и клиническую формы мастита (рис. 1, 2).

Как следует из данных (рис. 1), в 1-й месяц после отела у животных в опытной группе субклинический мастит выявили у 9,2% коров (11 гол.), со 2-го по 3-й месяцы – у 10,0% (12 гол.), с 4-го по 6-й месяцы исследований – у 11,6% (14 гол.). В отличие от показателей опытной группы в контрольной группе выявленных животных было значительно больше: в 1-й месяц и в период со 2-го по 3-й месяцы больных субклиническим маститом коров выявлено 46,6% (56 гол.) и 57,5% (69 гол.), с 4-го по 6-й месяцы после отела – 65,0% (78 гол.). Таким образом, количество выявленных коров с субклинической формой мастита в контрольной группе оказалось в 5,0; 5,7 и 5,6 раза выше, чем в опытной, в аналогичные периоды исследований.

Из данных рисунка 2 следует, что клинической формой мастита коровы в обеих исследуемых группах болели реже, чем субклинической формой. Это согласовывается с данными и других исследователей: установлено, что на одну корову с клинической формой мастита приходится от 4 до 20 коров с субклинической формой [18]. Исходя из данных рисунка 2 в контрольной группе в течение месяца после отела клинически выраженными маститами заболели 27,5% коров (33 гол.), со 2-го по 3-й месяцы показатель составил 42,5% (51 гол.), с 4-го по 6-й месяцы он увеличился до 53,3% (64 гол.). В опытной группе коровы заболевали клиническим маститом в 4,1; 10,1 и 9,1 раза реже в аналогичные периоды: 6,7% (8 гол.), 4,2% (5 гол.) и 5,8% (7 гол.) соответственно.

Результаты исследований по критерию количества соматических клеток в молоке, тыс. шт/см³, вакцинированных и невакцинированных животных представлены на рисунке 3.

Таблица 2

Результаты исследований по количеству переболевших маститом коров

Группа	Голов	Всего переболело маститом, в том числе по месяцам исследования, гол./%			
			1 мес.	2-3 мес.	4-6 мес.
Опытная	120	57*/47,5	19/15,8	17*/14,1	21*/17,5
Контрольная	120	351*/292,5	89/74,1	120*/100,0	142*/118,3

*Данные представлены с учетом повторно переболевших животных.



Рис. 1. Процентное соотношение переболевших маститом коров в субклинической форме

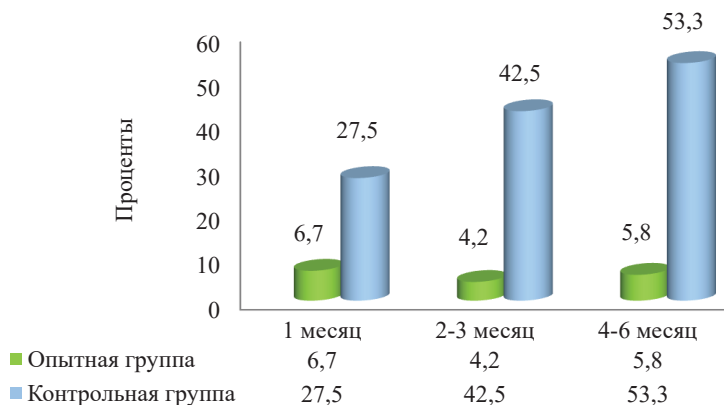


Рис. 2. Процентное соотношение переболевших маститом коров в клинической форме



Рис. 3. Динамика уровня соматических клеток в молоке коров после отела, тыс. шт/см³

По данным рисунка 3, в опытной группе максимальное среднее значение соматических клеток в молоке выявлено в первый месяц после отела – 240 тыс. шт/см³. В остальные месяцы этот показатель был ниже и варьировал от 200 до 210 тыс. шт/см³. В отдельности по коровам опытной группы количество соматических клеток не превышало нормы (до 400 тыс. шт/см³). В контрольной группе этот показатель был выше и составлял от 520 до 600 тыс. шт/см³, причем данные по соматическим клеткам сильно варьировали, пик показателя отмечен в 4-й месяц исследований.

Вакцинация животных против мастита оказывает положительное действие на снижение количества случаев мастита и уровень соматических клеток в молоке. Так, М.Н. Исакова и др. отмечали, что после вакцинации общее количество заболевания коров маститом сократилось на 30,6%, а количество соматических клеток в молоке имело значение 152 тыс. шт/мл [9]. В связи с этим можно заключить, что разработка и применение новых эффективных вакцин способствуют улучшению качества молока коров.

Выводы

В результате исследований установили, что иммунизированные вакциной животные в 6 раз реже заболевали маститом, чем неиммунизированные. В отдельности по форме заболевания субклиническим маститом вакцинированные животные болели в 5 раз реже, а клиническим маститом – до 10 раз реже, чем невакцинированные. Качество молока у вакцинированных животных было выше, так как средний показатель

по количеству соматических клеток не превышал 240 тыс. шт/см³. У невакцинированных животных максимальный средний показатель достигал 600 тыс. шт/см³.

Таким образом, вакцинация способствует снижению заболеваемости животных маститом и уровня соматических клеток в молоке, что положительно отражается на его качестве.

Библиографический список

1. Баркова А.С., Шурманова Е.И. Микробная экология кожи и секрета вымени у лактирующих коров // Проблемы репродуктивного здоровья животных и пути их решения: Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 95-летию кафедры акушерства, гинекологии и биотехнологии размножения животных и 45-летию ветеринарной и научно-практической деятельности профессора Р.Г. Кузьмича. – Витебск, 2022. – С. 12-16.

2. Баутина В.А., Часовицкова М.А. Состояние стада коров черно-пестрой породы по рискам заболевания маститом на основе анализа соматических клеток // Достижения молодежной науки для агропромышленного комплекса: Сборник материалов LVI научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых (г. Тюмень, 1 марта 2023 г.). – Тюмень, 2023. – С. 82-89.

3. Давлатова А.Ф. Взаимосвязь между количеством соматических клеток и химическим составом молока коров голштинской породы // Достижения молодежной науки для агропромышленного комплекса: Сборник материалов 56-й научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых (г. Тюмень, 14-18 марта 2022 г.). – Тюмень, 2022. – Ч. 3. – С. 623-630.

4. Давлатова А.Ф., Часовицкова М.А. Влияние соматических клеток на удой и химический состав молока коров-первотелок // Обеспечение качества и безопасности молока: Сборник материалов круглого стола (г. Тюмень, 22 апреля 2022 г.). – Тюмень: Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2022. – С. 16-21.

5. Емельянова В.Г. Разработка предложений по повышению качества молока в аспекте менеджмента качества // Актуальные исследования высшей школы: Сборник статей Международной научно-практической конференции. – Пенза, 2023. – С. 39-41.

6. Иванов Е.В., Капустин А.В., Авдеевская Н.Н. Влияние иммунизации на микробиом молока коров // Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии. – 2024. – № 1 (49). – С. 64-71.

7. Иванов Е.В., Капустин А.В., Лаишевцев А.И., Супова А.В., Алипер Т.И., Верховский О.А. Эффективность вакцины Комбовак-Эндомаст в борьбе с инфекционными маститами и эндометритами коров // Ветеринария. – 2023. – № 11. – С. 10-13.

8. Исакова М.Н., Сивкова У.В., Ряпосова М.В., Шкуратова И.А., Лысов А.В. Показатели качества молока высокопродуктивных коров на фоне применения противомаститной вакцины // Ветеринария сегодня. – 2020. – № 4 (35). – С. 255-260.

9. Исакова М.Н., Ряпосова М.В., Сивкова У.В. Эффективность применения противомаститной вакцины в племенных хозяйствах // Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии. – 2023. – № 1. – С. 51-55.

10. Кулешова Е.А., Бондаренко М.В. Показатели молочной продуктивности и содержание соматических клеток в молоке айрширских коров // Сборник научных трудов Краснодарского научного центра по зоотехнии и ветеринарии. – 2018. – Т. 7, № 3. – С. 167-171.

11. Курчаева Е.Е., Артемов Е.С. Оценка взаимосвязи между количеством соматических клеток и технологическими характеристиками молока коров красно-пестрой породы // Инновационные подходы в ветеринарии, генетике и селекции сельскохозяйственных животных: Материалы Белорусско-российского круглого стола. – Воронеж, 2023. – С. 324-327.

12. Ларионов Г.А., Чеченешкина О.Ю., Мардарьева Н.В. Улучшение микробиологических показателей качества молока коров при использовании отечественных средств для обработки вымени // Вестник Чувашской государственной сельскохозяйственной академии. – 2019. – № 3 (10). – С. 69-74.

13. Лашнева И.А., Косицин А.А., Сермягин А.А., Зиновьева Н.А. Полногеномный анализ ассоциаций с количеством соматических клеток и их дифференциацией по видам в молоке коров // Молочное и мясное скотоводство. – 2022. – № 6. – С. 12-17.

14. Мальшикина В.М. Качество молока как один из инструментов повышения конкурентоспособности предприятий молочной промышленности // Экономический вектор. – 2022. – № 3 (30). – С. 57-61.

15. Прошутинская Ю.С., Неверова О.П. Соматические клетки в молоке коров как показатель его качества // Молодежь и наука. – 2019. – № 3. – С. 84.

16. Родина Э.В., Боряева Ю.А., Калязина Н.Ю., Ивойлова Ю.В., Неяскина А.Ю., Родин В.Н., Куприянов А.В. Уменьшение соматических клеток в молоке коров при применении отечественного растительного стимулятора для продления продуктивного здоровья коров // Международный научно-исследовательский журнал. – 2023. – № 8 (134). DOI: 10.23670/IRJ.2023.134.110 – Режим доступа: <https://research-journal.org/archive/8-134-2023-august/10.23670/IRJ.2023.134.110> (дата обращения: 21.05.2024).

17. Самусенко Л.Д., Мамаев А.В., Астахова А.Н. Целесообразность разработки новых методов идентификации соматических клеток в молоке коров // Биология в сельском хозяйстве. – 2023. – № 1 (38). – С. 10-12.

18. Семиволос А.М., Семиволос С.А., Лоцинин С.О. Эффективность препарата Мастомицин при субклиническом мастите у коров // Аграрные конференции. – 2022. – № 2 (32). – С. 18-22.

19. Соловьева А.А. Доильная робототехника и ее влияние на качество молока // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства: Материалы Международной научно-практической конференции. – Йошкар-Ола, 2024. – С. 548-551.

20. Часовицкова М.А., Давлатова А.Ф. Изменение состава молока коров на фоне повышения числа соматических клеток // Научные дискуссии в условиях мировой глобализации: новые реалии: Материалы VI Международной научно-практической конференции. – Ростов-на-Дону, 2022. – С. 177-180.

21. Часовицкова М.А. Состав и свойства молока коров при разном уровне соматических клеток // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова. – 2023. – № 2 (71). – С. 81-88. DOI: 10.34655/bgsha.2023.71.2.011.

EVALUATION OF VACCINATION EFFECT ON COW MILK QUALITY

E.V. IVANOV¹, A.V. KAPUSTIN¹, N.N. AVDUEVSKAYA²

(¹ Federal Scientific Center – All-Russian Research Institute of Experimental Veterinary Medicine named after K.I. Skryabin and Ya.R. Kovalenko of the Russian Academy of Sciences;

² Vologda branch of the Federal Scientific Center – All-Russian Research Institute of Experimental Veterinary Medicine named after K.I. Skryabin and Ya.R. Kovalenko of the Russian Academy of Sciences)

Producing high quality cow milk is a priority for agricultural enterprises. Mastitis has a major impact on milk quality due to the increased somatic cell count in milk and the bacterial contamination of milk with microorganisms. To solve this problem, an experiment was carried out to study the effect of vaccinating cows on the incidence of their mastitis and on the somatic cell

count in the milk. During the study period, it was found that the cows in the experimental group (vaccinated animals) had 6.1 times less mastitis than the control group (unvaccinated animals). In the experimental group, the number of sick animals varied slightly over the months of the study, ranging from 14.1% to 17.5%. In the control group, this indicator was 4.7, 7.0 and 6.8 times higher in the first, second to third and fourth to sixth months of the study, respectively. The number of cows with subclinical mastitis in the control group was 5.0, 5.7 and 5.6 times higher than in the experimental group during the same study periods. The cows in the experimental group also developed clinical mastitis less frequently – 4.1, 10.1 and 9.1 times, respectively. The highest average somatic cell count in the milk of the cows of the experimental group was recorded in the first month after calving – 240 thousand cells/cm³. In the following months this indicator was lower ranging from 200 thousand cells/cm³ to 210 thousand cells/cm³. Individually, the somatic cell count of cows in the experimental group did not exceed the norm (up to 400 thousand cells/cm³). In the control group, this indicator was higher, ranging from 520 thousand cells/cm³ to 600 thousand cells/cm³, and the somatic cell data varied greatly, with a peak in the fourth month of the study. Thus, vaccination helps to reduce the incidence of mastitis in the animals and the somatic cell count in the milk, which has a positive effect on its quality.

Key words: mastitis, cows, somatic cells, vaccination, milk quality, prevention.

References

1. Barkova A.S., Shurmanova E.I. Microbial ecology of skin and udder secretion in lactating cows. In the collection: *Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya, posvyashchennaya 95-letiyu kafedry akusherstva, ginekologii i biotekhnologii razmnozheniya zhivotnykh i 45-letiyu veterinarnoy i nauchno-pedagogicheskoy deyatel'nosti professora Kuzmicha Rostislava Grigor'evicha 'Problemy reproduktivnogo zdorov'ya zhivotnykh i puti ikh resheniya'*. November 2-4, 2022. Vitebsk, Belarus: Vitebsk State Academy of Veterinary Medicine, 2022:12-16. (In Russ.)
2. Bautina V.A., Chasovshchikova M.A. The state of the herd of black-and-white cows according to the risks of mastitis disease based on the analysis of somatic cells. *LVI nauchno-prakticheskaya konferentsiya studentov, aspirantov i molodykh uchenykh 'Dostizheniya molodezhnoy nauki dlya agropromyshlennogo kompleksa'*. March 01, 2023. Tyumen, Russia: Northern Trans- Ural State Agricultural University, 2023:82-89. (In Russ.)
3. Davlatova A.F. The relationship between the of somatic cell count and the chemical composition of milk of Holstein cows. *LVI nauchno-prakticheskaya konferentsiya studentov, aspirantov i molodykh uchenykh 'Dostizheniya molodezhnoy nauki dlya agropromyshlennogo kompleksa'*. March 14-18, 2022. Tyumen, Russia: Northern Trans- Ural State Agricultural University, 2022:623-630. (In Russ.)
4. Davlatova A.F., Chasovshchikova M.A. The effect of somatic cells on milk yield and chemical composition of first-calf cows. *Krugliy stol 'Obespechenie kachestva i bezopasnosti moloka'*. Tyumen, April 22, 2022. Tyumen, Russia: Northern Trans- Ural State Agricultural University, 2022:16-21. (In Russ.)
5. Emel'yanova V.G. Development of proposals for improving the quality of milk in the aspect of quality management. *Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya 'Aktualnye issledovaniya vysshey shkoly'*. Petrozavodsk, May 1, 2023. Penza, Russia: International Center for Scientific Partnership "New Science", 2023:39-41. (In Russ.)
6. Ivanov E.V., Kapustin A.V., Avduevskaya N.N. Effect of immunization on the microbiome of cow's milk. *Russian Journal of Problems of Veterinary Sanitation, Hygiene and Ecology*. 2024;1(49):64-71. (In Russ.) <https://doi.org/10.36871/vet.san.hyg.ecol.202401010>
7. Ivanov E.V., Kapustin A.V., Laishevtsev A.I., Yusupova A.V. et al. The effectiveness of the Kombovak-Endomast vaccine in the fight against infectious

- mastitis and endometritis in cows. *Veterinary Medicine*. 2023;11:10-13. (In Russ.) <https://doi.org/10.30896/0042-4846.2023.26.11.10-13>
8. Isakova M.N., Sivkova U.V., Ryaposova M.V., Shkuratova I.A., Lysov A.V. Quality profile of milk from high producing dairy cows vaccinated against mastitis. *Veterinary Science Today*. 2020;(4):255-260. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2020-4-35-255-260>
 9. Isakova M.N., Ryaposova M.V., Sivkova U.V. The effectiveness of the use of mastitis vaccine in breeding farms. *Legal Regulation in Veterinary Medicine*. 2023;(1):51-55. (In Russ.) <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2023.1.51>
 10. Kuleshova E.A., Bondarenko M.V. Indicators of milk productivity and the content of somatic cells in the milk of Ayrshire cows. *Sbornik nauchnykh trudov Krasnodarskogo nauchnogo tsentra po zootekhnii i veterinarii*. 2018;7(3):167-171. (In Russ.)
 11. Kurchaeva E.E., Artemov E.S. Evaluation of the relationship between the somatic cell count and the technological characteristics of the milk of red-mottled cows. *Belorussko-Rossiyskiy krugliy stol 'Innovatsionnye podkhody v veterinarii, genetike i selektsii sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh'*. November 03, 2023. Voronezh, Russia: Voronezhskiy gosudarstvenniy agrarniy universitet im. Imperatora Petra I, 2023:324-327. (In Russ.)
 12. Larionov G.A., Checheneshkina O.Yu., Mardarieva N.V. Improvement of microbiological indicators of quality of cow milk when using domestic means for udder processing. *Vestnik Chuvashskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii*. 2019;3(10):69-74. (In Russ.) <https://doi.org/10.17022/4dnf-fp93>
 13. Lashneva I.A., Kositsin A.A., Sermyagin A.A., Zinovieva N.A. Genome-wide analysis of associations with the number of somatic cells and their differentiation by species in cow milk. *Journal of Dairy and Beef Cattle Breeding*. 2022;6:12-17. (In Russ.) <https://doi.org/10.33943/MMS.2022.66.75.002>
 14. Malyshkina V.M. Using milk quality as a competitive advantage for companies in the dairy industry. *Economic Vector*. 2022;3(30):57-61. (In Russ.) <https://doi.org/10.36807/2411-7269-2022-3-30-57-61>
 15. Proshutinskaya Yu.S., Neverova O.P. Somatic cells in in milk of cows as an indicator of its quality. *Molodezh i nauka*. 2019;3:84. (In Russ.)
 16. Rodina E.V., Boryaeva Yu.A., Kalyazina N.Yu., Ivoilova Yu.V. et al. Reduction of somatic cells in milk of cows with application of domestic plant stimulant for extension of productive health of cows. *International Research Journal*. 2023;8(134). (In Russ.) <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.134.110>
 17. Samusenko L.D., Mamaev A.V., Astakhova A.N. Feasibility of developing new methods for identifying somatic cells in cow's milk. *Biologiya v sel'skom khozyaystve*. 2023;1(38):10-12. (In Russ.)
 18. Semivolos A.M., Semivolos S.A., Loshchinin S.O. The effectiveness of the drug mastomycin with subclinical mastitis in cows. *Agrarian Conferences*. 2022;2(32):18-22. (In Russ.)
 19. Solov'eva A.A. Milking robotics and its impact on milk quality. *Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya 'Aktualnye voprosy sovershenstvovaniya tekhnologii proizvodstva i pererabotki produktsii sel'skogo khozyaystva'*. March 23-24, 2023. Ioshkar Ola, Russia: Mari State University, 2024:548-551. (In Russ.)
 20. Chasovshchikova M.A., Davlatova A.F. Changes in the composition of cow milk against the background of an increased somatic cell count. *VI mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya 'Nauchnye diskussii v usloviyakh mirovoy globalizatsii: novyy realii'*. August 26, 2022. Rostov-on-Don, Russia: Feniks+, 2022:177-180. (In Russ.)
 21. Chasovshchikova M.A. Composition and properties of cow milk at different level of somatic cells. *Vestnik Buryatskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii im. V.R. Filippova*. 2023;2(71):81-88. (In Russ.) <https://doi.org/10.34655/bgsha.2023.71.2.011>

Сведения об авторах

Иванов Евгений Валерьевич, канд. биол. наук, ведущий научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение Федеральный научный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной ветеринарии имени К.И. Скрябина и Я.Р. Коваленко Российской академии наук; 109428, Российская Федерация, г. Москва, Рязанский проспект, 24, корп. 1; e-mail: doctor2112@yandex.ru; тел.: (495) 970–03–68

Капустин Андрей Владимирович, д-р биол. наук, заместитель директора по научной работе, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение Федеральный научный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной ветеринарии имени К.И. Скрябина и Я.Р. Коваленко Российской академии наук; 109428, Российская Федерация, г. Москва, Рязанский проспект, 24, корп. 1; e-mail: kapustin_andrei@mail.ru; тел.: (495) 970–03–68

Авдеевская Наталья Николаевна, научный сотрудник, Вологодский филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения Федеральный научный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной ветеринарии имени К.И. Скрябина и Я.Р. Коваленко Российской академии наук; 160000, Российская Федерация, г. Вологда, ул. Чехова, 1; e-mail: Natali.Avduevskaya@mail.ru; тел.: (953) 506–37–77

Information about the authors

Evgeniy V. Ivanov, CSc (Bio), Leading Research Associate, Federal Scientific Centre – All-Russian Scientific Research Institute of Experimental Veterinary named after K.I. Scriabin and Y.R. Kovalenko of the Russian Academy of Sciences (24/1 Ryazanskiy Ave., Moscow, 109428, Russian Federation); phone: (495) 970–03–68; e-mail: doctor2112@yandex.ru

Andrey V. Kapustin, DSc (Bio), Deputy Director for Scientific Work, Federal Scientific Centre – All-Russian Scientific Research Institute of Experimental Veterinary named after K.I. Scriabin and Y.R. Kovalenko of the Russian Academy of Sciences (24/1 Ryazanskiy Ave., Moscow, 109428, Russian Federation); phone: (495) 970–03–68; e-mail: kapustin_andrei@mail.ru

Natalia N. Avduevskaya, Research Associate, Vologda branch of the Federal Scientific Centre – All-Russian Scientific Research Institute of Experimental Veterinary named after K.I. Scriabin and Y.R. Kovalenko of the Russian Academy of Sciences (10 Chekhov St., Vologda, 160000, Russian Federation); phone: (953) 506–37–77; e-mail: Natali.Avduevskaya@mail.ru

ВОЗРАСТНАЯ ДИНАМИКА МНОГОПЛОДИЯ МИНИ-СВИНЕЙ ИЦиГ СО РАН И ЕЕ СВЯЗЬ С БЕЛОЙ МАСТЬЮ

С.В. НИКИТИН¹, С.П. КНЯЗЕВ², В.И. ЗАПОРОЖЕЦ¹,
Е.В. КОРШУНОВА¹, К.С. ШАТОХИН², В.И. ЕРМОЛАЕВ²

(¹Институт цитологии и генетики Сибирского отделения РАН;

²Новосибирский государственный аграрный университет)

В статье представлены результаты анализа особенностей динамики многоплодия свиноматок (числа новорожденных в помете) в селекционной группе мини-свиней ИЦиГ СО РАН. Показано, что форма динамики возрастных изменений данного признака у мини-свиней существенно отличается от описанной ранее у свиней кемеровской породы. У свиней кемеровской породы она имеет форму параболы, у мини-свиней ИЦиГ СО РАН – это два последовательных прямолинейных отрезка. Сравнение многоплодия белых (генотип I/...) и небелых (генотип i/i) мини-свиней ИЦиГ СО РАН показало статистически значимое превосходство средних значений признака у свиноматок с генотипом I/..., а также различие динамик его возрастных изменений в сравниваемых группах. Разница по величине среднего многоплодия между носителями доминантного аллеля I эпистатической белой масти и гомозиготами по рецессивному «небелому» аллелю i сопоставима с различием по данному признаку между много- и среднеплодными породами домашних свиней европейской селекции. Динамики возрастных изменений многоплодия показывают, что высокое значение признака у белых мини-свиней обусловлено большей продолжительностью периода формирования репродуктивного потенциала. У небелых мини-свиней он продолжается с 1-го по 3-й опоросы, у белых – с 1-го по 4-й. Сравнение реципрочных скрещиваний: белая свиноматка + небелый хряк и небелая свиноматка + белый хряк – показало достоверное превышение среднего многоплодия первого из указанных типов скрещиваний над средним многоплодием второго. Полученный результат позволяет предположить, что более высокое многоплодие белых свиноматок мини-свиней ИЦиГ СО РАН обусловлено особенностями их собственного организма, а не связано с пренатальной жизнеспособностью потомков.

Ключевые слова: многоплодие, мини-свиньи ИЦиГ СО РАН, эпистатическая белая масть, динамика возрастных изменений признака, выравнивание способом взвешенной скользящей средней.

Введение

Статья продолжает серию работ, посвященных изучению генетических особенностей селекционной группы мини-свиней ИЦиГ СО РАН. Ранее была проведена оценка частоты эндогенных ретровирусов [24], описаны особенности фенотипов окраски [25, 26] и проявления уникальной формы полидактилии [5, 28]. В данных исследованиях рассматриваются особенности динамики многоплодия мини-свиней ИЦиГ СО РАН.

Многоплодие – число новорожденных поросят в помете – является одним из показателей, по которым оценивают репродуктивные качества свиноматки. Данный признак формирует множество факторов, к которым относятся самка, самец и внутриутробные взаимодействия: мать-потомок и потомок-потомок [33]. Многоплодие является динамическим признаком, представляющим собой ряд изменяющихся во времени значений, из которых первый опорос в среднем ниже, чем последующие [7, 13, 20, 39]. В целом многоплодие можно охарактеризовать как комплексный признак, изменяющийся в процессе онтогенеза особи. Очевидно, именно

совокупностью разнонаправленных влияний множества внутриорганизменных факторов и обусловлены низкие значения наследуемости данного признака, традиционно объясняемые влиянием внешней среды [8, 22, 31, 38].

Установлено, что в формировании многоплодия у разных пород свиней могут участвовать разные комплексы генов, значительная часть из которых является генами гормонов и ферментов [15, 34–36, 40]. Вполне возможно, что к этой категории относятся и гены, регулирующие рост и дифференциацию клеток, которые обеспечивают различие пород по типам роста, а типы роста – по многоплодию [2]. Естественно, что в формирование меж- и внутривидовых различий свиноматок по многоплодию основной вклад, очевидно, вносят различия по числу овулировавших яйцеклеток [10, 33].

Среди европейских пород наблюдается интересная закономерность. Европейские заводские породы с высоким многоплодием (12–15 поросят в помете), как правило, имеют эпистатическую доминантную белую масть, которую обеспечивает присутствие у особи доминантного аллеля *I* гена *Inhibitor of color* [32] или, в соответствии с современной номенклатурой, – локуса *KIT* [14, 19]. Пигментированные заводские породы, гомозиготные по рецессивному аллелю *i* указанного гена, как правило, среднеплоды (9–11 поросят в помете) [17, 21, 30]. Малоплодными (5–8 поросят в помете) являются неутраченные или слабоулучшенные местные породы [1, 3, 16, 18], а также мини-свиньи [11]. Следует заметить, что из этой закономерности выпадают древние культурные китайские пигментированные породы с высоким многоплодием [34], что может иметь причиной отличное от европейских пород происхождение.

Как правило, современные заводские породы свиней имеют однородный фенотип масти, что практически не дает возможности для внутривидового сравнения плодовитости белых и небелых свиноматок. Согласно описаниям [3] белая и небелая масть в пределах одной и той же породы зафиксирована у ливенской, семиреченской и северокавказской пород, которые на сегодняшний день являются малочисленными либо исчезнувшими. В связи с этим вопрос о влиянии масти на многоплодие свиней в научной литературе освещен достаточно слабо. Лабораторные мини-свиньи в данном отношении являются более удобным объектом, так как большинство из них полиморфны по типам масти [37].

Целью исследований являлось изучение возрастной динамики многоплодия мини-свиней ИЦиГ СО РАН у белых и небелых свиноматок. Было предположено, что доминантный аллель *I* гена эпистатической белой масти (*Inhibitor of colour*) может быть связан с высоким многоплодием европейских домашних свиней. В свою очередь, это может отражаться на особенностях возрастной динамики многоплодия у белых и небелых свиноматок.

Цель исследований: изучение возрастной динамики многоплодия мини-свиней ИЦиГ СО РАН у белых и небелых свиноматок.

Материал и методы исследований

Мини-свиньи ИЦиГ СО РАН представляют собой удобный объект для проверки указанной гипотезы. Они полиморфны по фенотипам окраски и многоплодию, которое в целом сопоставимо с аналогичным показателем ряда других лабораторных мини-свиней [12, 23]. При создании селекционной группы использовали две многоплодные белые породы: крупную белую и ландрасскую (*I/I*), многоплодную черную вьетнамскую породу (*i/i*) и полиморфных по масти (*I/i* и *i/i*) малоплодных светлогорских мини-свиней [27, 29]. Соответственно среди пород-родоначальников присутствовала только одна малоплодная порода – светлогорские мини-свиньи [4].

В исследования вошли данные учета о 778 опоросах мини-свиней ИЦиГ СО РАН разного возраста и генотипов по типам масти (табл. 1).

Таблица 1

**Число опоросившихся свиноматок мини-свиней ИЦиГ СО РАН,
в том числе с генотипами *II/...* и *i/i* по гену *KIT***

Порядковый номер опороса	Возраст, лет	Опоросов		
		Всего	Свиноматки	
			<i>II/...</i>	<i>i/i</i>
1	1.5	296	119	177
2	2.0	185	86	99
3	2.5	105	40	65
4	3.0	62	19	43
5	3.5	46	15	31
6	4.0	36	13	23
7	4.5	20	6	14
8	5.0	13	3	10
9	5.5	8	2	6
10	6.0	7	3	4
Всего	1.5–6.0	778	306	472
8–10	5.0–6.0	8	20	28

Ремонтные свинки мини-свиней ИЦиГ СО РАН в первый раз идут в случку по достижению ими годовалого возраста. Случные кампании проводятся два раза в год с промежутком в полгода. Соответственно первый опорос в среднем происходит в возрасте около 1,5 года (табл. 1).

Свиноматок подразделили на два фенотипа: белые – генотипы *II/I* и *II/i*, в общем виде *II/...*; и небелые – генотип *i/i*. После разделения свиноматок в соответствии с фено-/генотипами на группы опоросы с 8-го по 10-й объединили ввиду их малочисленности.

Статистическая обработка данных исследования производилась общепринятыми методами [6] с применением программы Open Office Calc. Выравнивание эмпирических рядов динамики проводили способом взвешенной скользящей средней с добавлением в оба конца ряда по два условных члена, значения которых считали

по формулам: $y_{+1} = \frac{2y_1 + y_2 - y_4}{2}$ и $y_{+2} = \frac{2y_{+1} + y_1 - y_3}{2}$, где y_{+1} – первый добавочный член ряда; y_{+2} – второй добавочный член ряда; y_1 – y_4 – члены ряда с 1-го по 4-й от края.

Взвешенные скользящие средние считали по формуле: $\bar{y}_i = \frac{y_{-2} + 2y_{-1} + 4y_i + 2y_{+1} + y_{+2}}{10}$,

где $\bar{y}_i$ – взвешенная скользящая средняя; y_{-2} , y_{-1} , y_i , y_{+1} , y_{+2} – члены ряда динамики [9].

При вычислении коэффициентов корреляции учитывали, что при числе пар сравнения меньше 40 оценка получается заниженной. Поэтому первичный результат пересчитывали с введением соответствующей поправки по формуле: $r_{xy} = r_{xy} \left[1 + \frac{1 - r_{xy}^2}{2(n - 3)} \right]$.

Ошибку поправленного коэффициента корреляции считали по формуле: $s_r = \sqrt{\frac{1 - r_{xy}^2}{n - 2}}$,

где r_{xy}^* – поправленный коэффициент корреляции; r_{xy} – первичная оценка величины коэффициента корреляции; n – число пар сравнения [6]. Расчетный максимум многоплодия рассчитывали по формуле: $X + 3s_x$, где X – среднее значение; s_x – стандартное отклонение признака.

Результаты и их обсуждение

Многоплодие мини-свиней ИЦиГ СО РАН в целом соответствует оптимальной для данной селекционной группы величине – 6–8 поросят на опорос. Однако максимальные значения признака указывают на сопоставимый с потенциалом крупных пород высокий репродуктивный потенциал. Зафиксированное в стаде фактическое максимальное значение составляет 15 поросят в помете, расчетное – 16,497 поросенка (табл. 2).

Таблица 2

Динамика возрастных изменений показателей многоплодия свиноматок в селекционной группе мини-свиней ИЦиГ СО РАН

Порядковый номер опороса	N	$X \pm SE$	s_x	Максимальное значение признака (max)	
				фактическое	расчетное ($X + 3s_x$)
1	296	5.68±0.114	1.968	11	11.584
2	185	7.21±0.166	2.253	15	13.969
3	105	7.75±0.227	2.325	13	14.725
4	62	7.89±0.364	2.869	14	16.497
5	46	7.83±0.316	2.143	13	14.259
6	36	7.83±0.467	2.803	14	16.239
7	20	8.60±0.520	2.326	13	15.578
8	13	6.46±0.550	1.984	8	12.412
9	8	8.25±0.412	1.165	10	11.745
10	7	7.86±0.459	1.215	9	11.505

Примечание. N – число опоросов; $X \pm SE$ – среднее многоплодие ± ошибка выборки; s_x – стандартное (среднеквадратичное) отклонение.

Причиной широкого диапазона вариации признака (от одного до 15 поросят на опорос) может быть генетическая неоднородность стада. Однако многоплодие свиноматки зависит от ее возраста [7]. Уже одной этой неоднородности (10 возрастов) (табл. 2) вполне достаточно, чтобы скрыть присутствие какой-либо другой. Таким образом, решение вопроса о присутствии или отсутствии генетической неоднородности по многоплодию в селекционной группе мини-свиней ИЦиГ СО РАН требует методов, учитывающих возрастные изменения признака. Таким методом могут быть построение и анализ динамик возрастных изменений многоплодия у свиноматок белой и небелой масти. Однако прежде необходимо определить особенности динамики данного признака у свиноматок мини-свиней ИЦиГ СО РАН в целом, без их разделения на белых и небелых (табл. 2, рис. 1).

Динамика возрастных изменений многоплодия у всего поголовья свиноматок в целом, без разделения на белых и небелых, показывает, что для ее адекватного описания требуются два уравнения: с 1-го по 3-й опоросы – логарифмическое; с 3-го по 10-й – линейное, то есть динамика возрастных изменений многоплодия свиноматок мини-свиней ИЦиГ СО РАН включает в себя два последовательных периода, каждый со своим трендом (рис. 1). Во время первого из них (1–3-й опоросы) происходит увеличение средних значений признака, поэтому его можно обозначить как период становления потенциала многоплодия. Во время второго (3–10-й опорос) периода значения признака стабилизируются, соответственно его можно обозначить как период реализованного потенциала многоплодия. Линия тренда во второй период практически параллельна оси x и не выходит за пределы статистической ошибки величины $7,85 \pm 0,180$ поросенка на опорос (рис. 1).

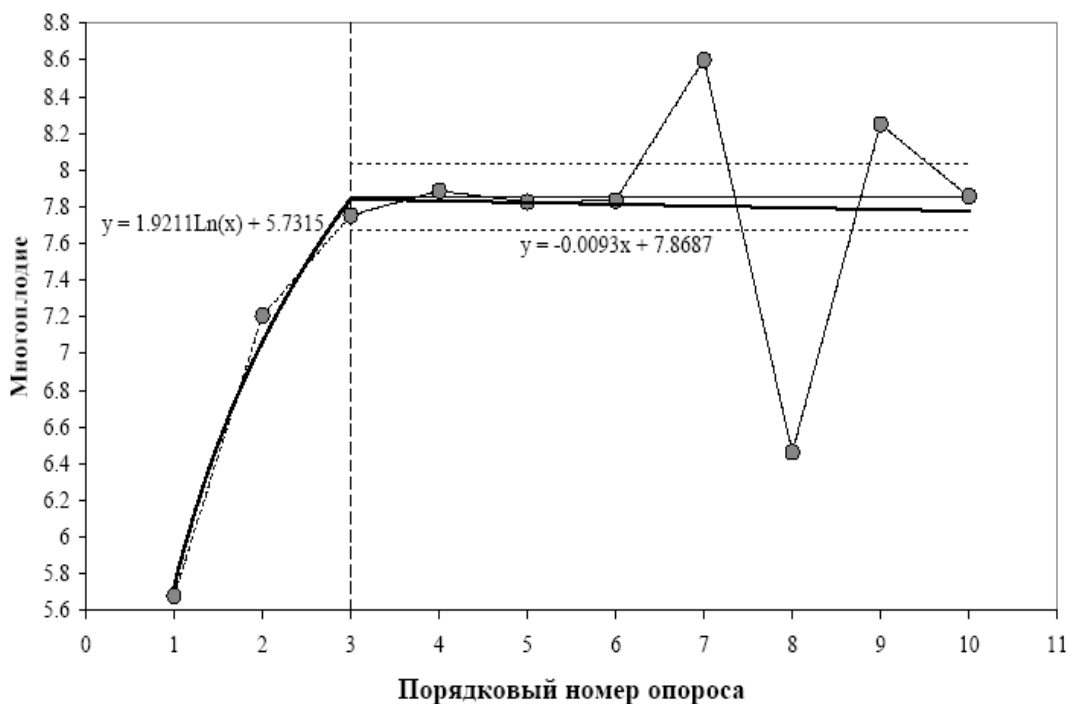


Рис. 1. Динамика многоплодия мини-свиней ИЦиГ СО РАН:
горизонтальные штрих-линии – область статистической ошибки среднего многоплодия на отрезке с 3-го по 10-й опоросы, равного $7,85 \pm 0,180$ поросенка на опорос

Следует отметить, что динамика возрастных изменений многоплодия у мини-свиней ИЦиГ СО РАН отличается от динамик, изучавшихся ранее, у свиней кемеровской породы. У последних динамикам многоплодия соответствуют уравнения парабол второго порядка, максимумы которых приходятся на 4–5-й опоросы [7]. У мини-свиней многоплодие достигает максимума в 3-й опорос и остается стабильным, по крайней мере, до 10-го. Данное явление может быть связано с размерами мини-свиней, которые являются фактором, ограничивающим полное проявление потенциала многоплодия. На подобную возможность указывает и то, что неулучшенные или слабоулучшенные местные породы, а также одичавшие свиньи имеют размеры и многоплодие, сравнимые с таковыми у мини-свиней [1, 3, 18].

Весьма интересной оказалась динамика стандартного отклонения многоплодия мини-свиней ИЦиГ СО РАН (табл. 2), которую вполне приемлемо описывает уравнение параболы второго порядка (рис. 2–1). Однако более адекватно эту динамику можно представить в виде трех перекрывающихся прямолинейных отрезков, описываемых линейными уравнениями (рис. 2–2).

Были рассчитаны точки пересечения трендов, описываемых этими уравнениями, и построена модель динамики возрастных изменений стандартного отклонения многоплодия в изучаемой селекционной группе (рис. 2–3). Модель показывает, что данный процесс можно разбить на три периода. Во время первого периода (1–3-й опоросы) вариация признака растет (рис. 2–3), что полностью совпадает с периодом роста собственно многоплодия (рис. 1). Второй период возрастных изменений стандартного отклонения начинается с 3-го опороса и заканчивается 7-м (рис. 2–3). Для этого периода характерна стабильность стандартного отклонения (2.50) (рис. 2–3) и максимального значения признака (13.4) (рис. 2–4). Интересно, что такой же период стабильности наблюдается и для среднего многоплодия, однако он продолжается до конца динамики (рис. 1).

Предположили, что разница между стандартным отклонением и средним многоплодием по длительности стабильного периода может быть обусловлена малочисленностью выборок с 7-го по 10-й опоросы (табл. 2) и чувствительностью показателей вариации к этой малочисленности. Данное предположение проверили, рассчитав коэффициенты корреляции между объемом малочисленных выборок (менее 30 опоросов) и их стандартным отклонением и максимальным значением признака. Оказалось, что в период резкого снижения стандартных отклонений и максимальных значений (рис. 2–3, 2–4) корреляция между численностью выборки и стандартным отклонением многоплодия свиноматок достоверна ($r_{xy} = 0.96$; $r^*_{xy} = 0.99 \pm 0.046$; $t_\phi = 21.48$; $d.f. = 2$; $P < 0.01$). Максимальное многоплодие на малочисленных выборках достоверную корреляцию не показало ($r_{xy} = 0.70$; $r^*_{xy} = 0.88 \pm 0.337$; $t_\phi = 2.61$; $d.f. = 2$). Тем не менее следует принять во внимание, что в отличие от стандартного отклонения максимальное значение признака является величиной, полученной в результате единичного измерения, то есть более подверженной всяческим случайностям. Поэтому можно предположить, что в малочисленных выборках зависимость максимального многоплодия от их объема все же должна существовать, однако для получения достоверного результата данных оказалось недостаточно.

Таким образом, в выборках малого объема величины стандартного отклонения, и предположительно максимального значения признака, могут зависеть от объема выборки. Соответственно снижение этих показателей после 7-го опороса (рис. 2–3, 2–4) может быть вызвано не биологическими, а методическими (малый объем выборок) причинами и при достаточном числе пар сравнения. Эти показатели, подобно среднему многоплодию, останутся стабильными по крайней мере до 10-го опороса.

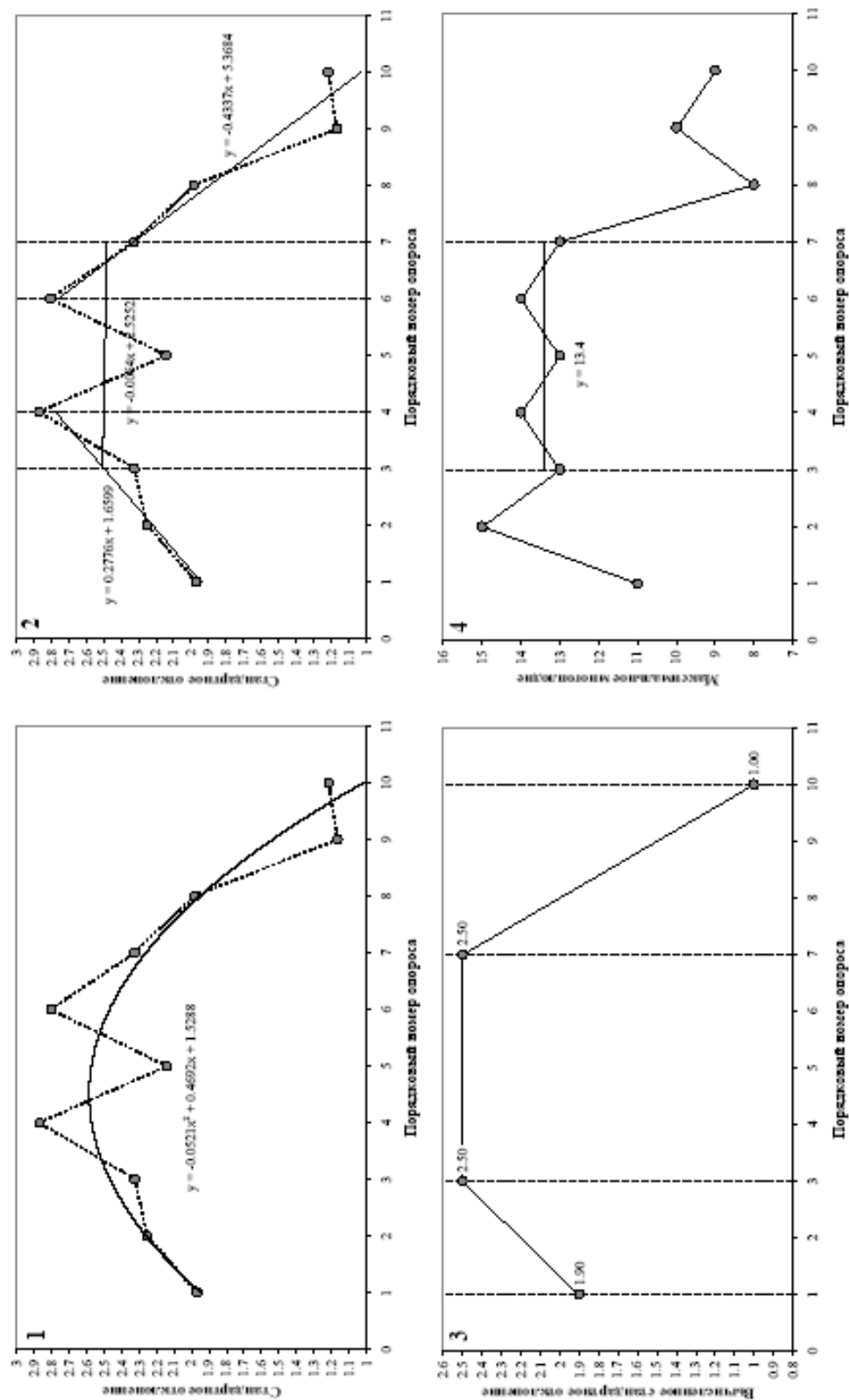


Рис. 2. Динамика изменений стандартного отклонения (2-1, 2-2, 2-3) и максимального многоплодия (2-4) у мини-свиней ИЦиГ СО РАН разного возраста

Дальнейший анализ включает в себя, во-первых, непосредственное сравнение среднего многоплодия белых ($I/...$) и небелых (i/i) свиноматок, во-вторых, сравнение динамик возрастных изменений данного признака в указанных фено-/генотипических классах.

Прежде чем приступить к сравнению среднего многоплодия белых и небелых свиноматок, оценили различие возрастных структур опоросов свиноматок носителей и не носителей аллеля I (табл. 1). Различие оказалось статистически незначимым ($\chi^2 = 9.21$, $d.f. = 7$). Следовательно, сравнение многоплодия белых и небелых свиноматок в целом, без разделения на возрастные группы, допустимо, а его результаты корректны. Сравнение показало достоверное ($t_{\phi} = 2.93$; $d.f. = 776$; $P < 0.01$) превышение многоплодия белых свиноматок над многоплодием небелых (табл. 3) свиноматок.

Была проведена оценка средней разности между многоплодием попарно связанных возрастом выборок, которую проводили дважды (табл. 3). В первом случае использовали фактические выборочные значения среднего многоплодия, во втором – значения, выровненные способом скользящей средней, предположив, что это может уменьшить влияние случайных факторов на динамику возрастных изменений многоплодия свиноматок. В обоих случаях метод попарно связанных вариантов показал достоверное превышение многоплодия белых свиноматок. Средняя разность (d) составила при использовании фактических средних $1,06 \pm 0,310$ потомка на опорос ($t_{\phi} = 3,43$; $d.f. = 7$; $P < 0.05$), при использовании выровненных значений – $1,00 \pm 0,197$ потомка на опорос ($t_{\phi} = 5,07$; $d.f. = 7$; $P < 0.01$). Полученная разница несколько меньше разницы между многоплодием белых и окрашенных европейских заводских пород [3, 30], однако и размеры мини-свиней значительно меньше, что, вероятно, ограничивает их многоплодие. Сравнение выборок в целом, без разделения на попарно связанные группы, показывает вдвое меньшую разность средних значений (0,53) (табл. 3), что неудивительно, так как в их формирование наиболее существенный вклад вносят первые три опороса (табл. 1), различия между которыми минимальны (табл. 3).

Таблица 3

**Динамика среднего многоплодия свиноматок мини-свиней ИЦиГ СО РАН
белой и небелой масти**

Средние	Фактические			Выровненные		
Порядковый номер опороса	Белые ($I/...$)	Небелые (i/i)	d_i	Белые ($I/...$)	Небелые (i/i)	d_i
1	5.85 ± 0.186	5.52 ± 0.148	0.33	5.96	5.92	0.04
2	7.51 ± 0.273	6.94 ± 0.196	0.57	7.12	6.71	0.41
3	7.55 ± 0.386	7.88 ± 0.283	-0.33	7.91	7.25	0.66
4	9.53 ± 0.553	7.16 ± 0.423	2.36	8.73	7.33	1.40
5	9.00 ± 0.602	7.26 ± 0.328	1.74	8.85	7.36	1.49
6	8.54 ± 0.627	7.43 ± 0.634	1.10	8.93	7.46	1.47
7	9.83 ± 0.980	8.07 ± 0.579	1.76	8.98	7.60	1.39
8–10	8.00 ± 0.378	7.05 ± 0.432	0.95	8.52	7.40	1.12
Всего	7.17 ± 0.146	6.64 ± 0.107	0.53	–	–	–

Примечание. d_i – разность двух попарно связанных вариантов.

Следующим шагом была проверка возможности объединения выборок, представляющих собой смежные опоросы. Для этого была проведена оценка достоверности различия среднего многоплодия смежных по возрасту групп опоросов для фено-/генотипических классов свиноматок (табл. 4).

У белых и небелых свиноматок статистически значимыми оказались различия между 1-м и 2-м опоросами (табл. 4). В обоих классах свиноматок наблюдается увеличение числа потомков в помете, которое составило на 1.66 поросенка опорос у белых и 1.42 поросенка на опорос у небелых свиноматок. Различие между 2-м и 3-м опоросами у белых свиноматок недостоверно. Это указывает на их принадлежность к одной генеральной совокупности и, соответственно, возможность объединения. В то же время у небелых свиноматок разница между 2-м и 3-м опоросами статистически значима, то есть эти выборки представляют разные генеральные совокупности (табл. 4). Разница между 3-м и 4-м опоросами у белых свиноматок достоверна и составляет 1.98 поросенка на опорос, с 4-го по 8–10-й опоросы достоверные различия между смежными опоросами отсутствуют, и они могут быть объединены. У небелых свиноматок статистически значимые различия между смежными опоросами отсутствуют с 3-го по 8–10-й включительно, и они также могут быть объединены в одну выборку (табл. 4, 5). Дисперсионный анализ подтвердил результаты последовательного сравнения смежных опоросов. С 4-го по 8–10-й опоросы для белых (критерий Фишера $F = 0.99$; $d.f.1 = 4$; $d.f.2 = 56$) и с 3-го по 8–10-й для небелых свиноматок ($F = 0.99$; $d.f.1 = 5$; $d.f.2 = 190$) меж- и внутригрупповая дисперсии приблизительно одинаковы ($s_x^2 \approx s_e^2$). В целом анализ показал, что опоросы белых и небелых мини-свиной ИЦиГ СО РАН подразделены на три возрастные группы: у белых свиноматок это 1-й опорос, 2–3-й и 4–10-й опоросы; у небелых – 1-й, 2-й и 3–10-й опоросы (табл. 5).

В первой возрастной группе различие между белыми и небелыми свиноматками минимально и статистически незначимо (0,33 поросенка), во второй группе преимущество белых свиноматок увеличивается и становится достоверным (0,58 поросенка), в третьей группе оно достигает максимума – 1,52 поросенка на опорос (табл. 5).

Таблица 4

Статистическая значимость различий среднего многоплодия между смежными опоросами в фено-/генотипических классах свиноматок

Порядковые номера смежных опоросов		Свиноматки белые (II...)		Свиноматки небелые (III)	
		t_{ϕ}	значимость различия	t_{ϕ}	значимость различия
1	2	5.04	$d.f. = 203, P < 0.001$	6.80	$d.f. = 274, P < 0.001$
2	3	0.08	незначимо	2.72	$d.f. = 162, P < 0.01$
3	4	2.93	$d.f. = 57, P < 0.01$	1.40	незначимо
4	5	0.64	незначимо	0.18	незначимо
5	6	0.53	незначимо	0.25	незначимо
6	7	1.11	незначимо	0.74	незначимо
7	8–10	1.74	незначимо	1.41	незначимо

**Разделение опросов по возрастным группам
у белых и небелых мини-свиней ИЦиГ СО РАН**

Возрастная группа	Свиноматки белые (II...)			Свиноматки небелые (III)			t_{ϕ} ($d.f. > 200$)
	порядковый номер опороса	N	$X \pm SE$	порядковый номер опороса	N	$X \pm SE$	
1	1	119	5.85 $\pm$ 0.186	1	177	5.52 $\pm$ 0.148	1.39
2	2–3	126	7.52 $\pm$ 0.222	2	99	6.94 $\pm$ 0.196	1.97 ($P < 0.05$)
3	4–10	61	9.02 $\pm$ 0.286	3–10	196	7.50 $\pm$ 0.171	4.55 ($P < 0.001$)

Примечание. N – объем выборки; $X \pm SE$ – среднее многоплодие $\pm$ ошибка; t_{ϕ} – критерий Стьюдента; $d.f.$ – число степеней свободы.

Динамики возрастного изменения многоплодия белых и небелых свиноматок могут быть описаны уравнениями парабол второго порядка (рис. 3–1), что противоречит результату, полученному на выборках свиноматок без разделения по масти (рис. 1). Линейные тренды опросов без разделения свиноматок по масти показали, что многоплодие мини-свиней ИЦиГ СО РАН полностью реализуется (достигает максимума) в 3-м опоросе и далее существенно не меняется. Параболические тренды опоросов белых и небелых свиноматок сдвигают точку достижения максимума до 5–6-го опоросов, а далее следует снижение признака (рис. 3–1). Тем не менее эти тренды показывают, что начинаясь практически в одной точке (5,90 и 5,91, соответственно для белых и небелых свиноматок), линия тренда белых свиноматок проходит выше линии тренда небелых до конца изучаемого периода (рис. 3–1).

Для уточнения формы динамик возрастных изменений среднего многоплодия свиноматок белой и небелой масти были использованы значения, выровненные способом скользящей средней (рис. 3–2). Предполагалось, что в этом случае за счет «сглаживания» случайных отклонений динамики более адекватно отразят тенденции возрастных изменений признака. Применение выровненных значений показало, что динамики белых и небелых свиноматок, подобно полученной ранее (рис. 1), состоят из двух линейных отрезков – периодов становления и стабилизации репродуктивного потенциала (рис. 3–2). В начальный период многоплодие свиноматок увеличивается. Этот период длится у белых свиноматок с 1-го по 4-й, у небелых – с 1-го по 3-й опоросы (рис. 3–2, 3–3, 3–4). На основании этих динамик можно предположить, что более высокое многоплодие белых свиноматок обусловлено большей продолжительностью периода становления репродуктивного потенциала. Различия в приросте многоплодия в этих группах различается незначительно (коэффициенты регрессии – соответственно 1,1071 и 1,1786 поросянка на опорос) (рис. 3–3, 3–4).

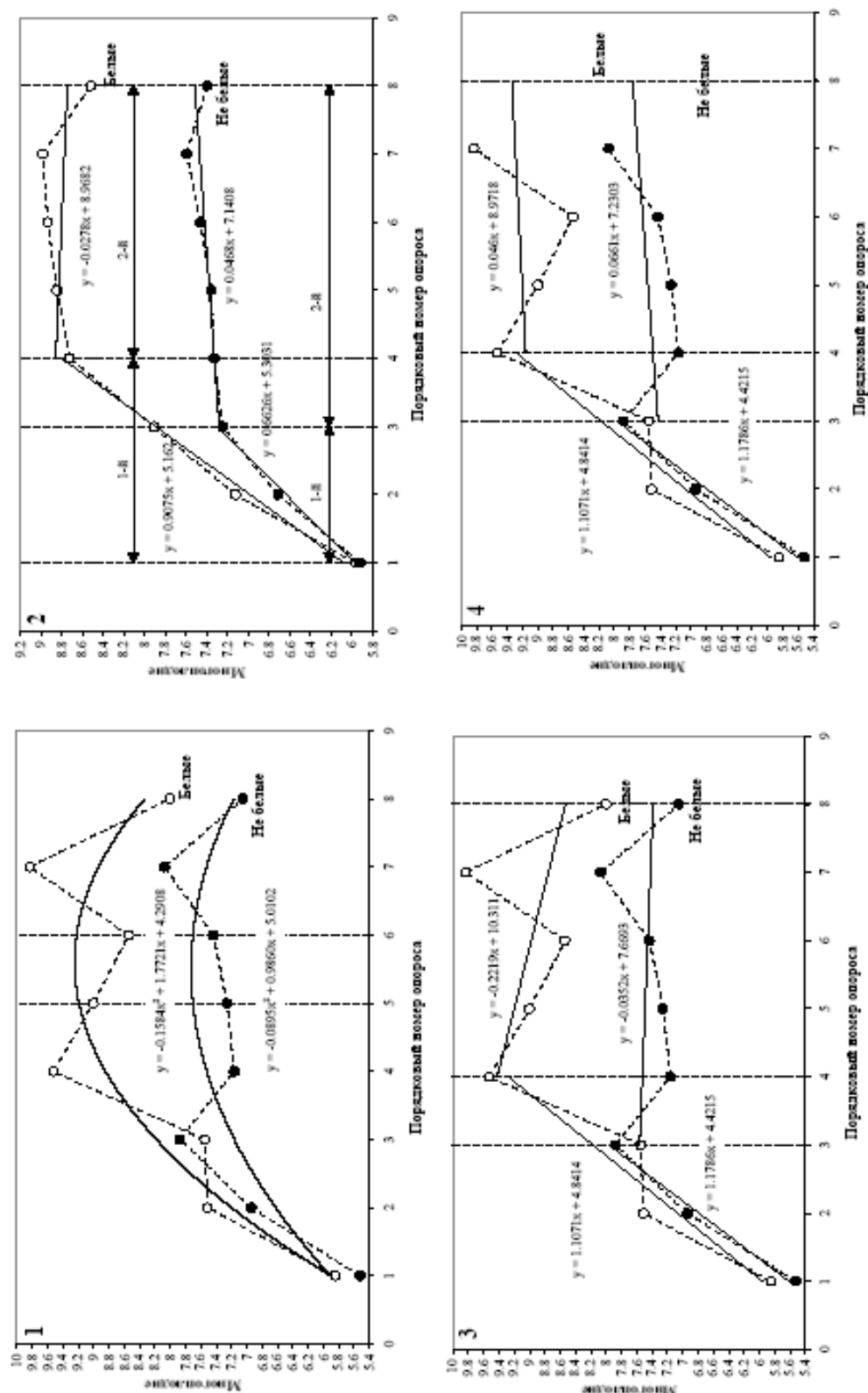


Рис. 3. Динамика возрастных изменений многоплодия у мини-свиней ИЦиГ СО РАН белой и небелой масти: белые круги – белые свиноматки; черные круги – небелые свиноматки

Интерпретация трендов периода стабильного репродуктивного потенциала представляет определенные затруднения. Согласно динамикам, построенным по выровненным средним, в этот период наблюдается незначительное снижение многоплодия у белых свиноматок при также незначительном росте показателя у небелых (рис. 3–2). При использовании исходных (невыровненных) величин тренды показывают более заметное снижение многоплодия у белых свиноматок и незначительное – у небелых (рис. 3–3). В обоих случаях это снижение обусловлено синхронным падением средних значений в 8–10-м опоросах (рис. 3–3). Возможны два объяснения этого факта. Первое заключается в том, что начиная с 7-го опороса, происходит снижение многоплодия свиноматок, более выраженное у белых и менее – у небелых. В пользу этого предположения свидетельствует синхронное снижение многоплодия в 8–10-й опоросы (рис. 3–1, 3–2, 3–3). Однако против этого предположения есть достаточно сильные аргументы. Первый аргумент – это отсутствие достоверных различий между многоплодием в 7-й и 8–10-й опоросы как у белых, так и у небелых свиноматок (табл. 4). Второй аргумент заключается в том, что на динамике, построенной на основании объединения белых и небелых свиноматок, присутствует «провал» величины многоплодия в 8-м опоросе и возвращение на прежний уровень в 9–10-м опоросах (рис. 1). Поэтому более реальным представляется предположение того, что снижение среднего многоплодия в 8–10-й опоросы обусловлено совпадением двух случайных отклонений от основных трендов.

Были построены динамики, из которых исключили 8–10-й опоросы как результат случайных отклонений, обусловленных малочисленностью выборок (рис. 3–4.). В этом случае во второй период (4–7-й у белых и 3–7-й – у небелых свиноматок) тренды показывают незначительное увеличение многоплодия (рис. 3–4). При этом на совпадающем для обеих групп свиноматок временном отрезке с 4-го по 7-й опоросы их многоплодие различается максимально – приблизительно на 1,74 поросенка.

Ранее в исследованиях уже рассматривалось влияние малочисленности выборок на стандартное отклонение и максимальное значение признака. Ответ на данный вопрос понадобился для объяснения феномена падения этих показателей у мини-свиней ИЦиГ СО РАН после 7-го опороса (рис. 3). На данном этапе исследований появилась возможность проверить эту гипотезу на большем числе выборок. В этих целях малочисленные выборки опоросов (меньше 30) белых и небелых свиноматок объединили в единый ряд сравнения (табл. 6).

Проверка подтвердила достоверность связи объема выборки со стандартным отклонением и максимальным значением признака в выборках, численность которых – менее 30 вариантов. Снижение верхней границы диапазона вариации признака может в малочисленных выборках повлечь за собой и снижение среднего значения. В 8-м опоросе максимальное значение признака наименьшее (табл. 2), что, вероятно, и отразилось на среднем значении многоплодия. Прямая проверка связи максимального и среднего значений признака была проведена на выборках, объединяющих опоросы белых и небелых свиноматок в один ряд, исключаящий первый опорос как выпадающий по причине низкого многоплодия, обусловленного возрастом свиноматки (табл. 2). В 5 выборках с численностью более 30 особей такая связь недостоверна ($r_{xy} = -0.71$; $r_{xy}^* = -0.80$; $t_\phi = 2.33$). В четырех выборках с численностью менее 30 особей положительная связь между максимальным и средним многоплодием статистически значима ($r_{xy} = 0.82$; $r_{xy}^* = 0.96$; $t_\phi = 4.68$; $P < 0.05$). Таким образом, предположение того, что падение средних значений многоплодия белых и небелых свиноматок в 8-м опоросе является следствием малочисленности выборок (табл. 1), подтверждается.

**Влияние малочисленности выборки на стандартное отклонение
и максимальное значение признака**

Масть свиноматки	Объем выборки	Стандартное отклонение	Максимальное значение
Белая	19	2.412	19
	15	2.330	15
	13	2.259	13
	6	2.401	6
	3	0.577	3
	2	2.121	2
Небелая	23	3.043	23
	14	2.165	14
	10	2.132	10
	6	0.837	6
	4	1.258	4
r_{xy}		0.72	0.73
$r_{xy\pm}^* s_r$		0.74±0.224	0.75±0.220
$t_\phi, d.f. = 9$		3.33, $P<0.01$	3.40, $P<0.01$

Примечание. r_{xy} – исходный коэффициент корреляции; $r_{xy\pm}^* s_r$ – поправленный коэффициент корреляции ± ошибка; t_ϕ – критерий Стьюдента; $d.f.$ – число степеней свободы.

Исследования показали достоверность связи эпистатической белой масти с многоплодием свиноматок, однако вопрос о том, обусловлена эта связь генотипом свиноматок или этот эффект обеспечивают различия эмбриональной жизнеспособности у потомков с разными генотипами, остается открытым. Ответ на него можно получить, сравнив результаты реципрокных скрещиваний.

Сравнение проводили на совпадающем у белых и небелых свиноматок временном отрезке с 4-го по 8–10-й опоросы (рис. 4). В 26 скрещиваниях белых свиноматок с небелыми хряками многоплодие составило $9,19 \pm 0,388$ поросят на опорос, тогда как в 29 скрещиваниях небелых свиноматок с белыми хряками – только $6,69 \pm 0,455$ поросят на опорос. Разница статистически значима ($t_\phi = 4.18$; $d.f. = 53$; $P < 0.001$) и составляет 2,5 поросят. Следовательно, высокое многоплодие белым свиноматкам мини-свиней ИЦиГ СО РАН обеспечивает их способность продуцировать большее число яйцеклеток. Разница по внутриутробной жизнеспособности потомков носителей и не носителей доминантного аллеля I эпистатической белой масти, очевидно, не имеет к этому отношения. Однако полученный результат не исключает возможность отцовского влияния на многоплодие: он исключает лишь один частный случай – влияние эпистатической белой масти отца.

Исследование особенностей многоплодия мини-свиней ИЦиГ СО РАН показало, что процесс возрастных изменений данного признака включает в себя два периода: первый, период становления репродуктивного потенциала, длится до 3-го опороса и характеризуется ростом значений признака; второй, период реализованного репродуктивного потенциала, начинается с 3-го и продолжается до 10-го опороса. Этим мини-свиньи ИЦиГ СО РАН отличаются от изучавшихся ранее свиней кемеровской породы, у которых после достижения максимума (4–5-й опоросы) следует относительно плавное снижение многоплодия. Низкое многоплодие мини-свиней ИЦиГ СО РАН и его стабилизация на постоянном уровне после 3-го опороса, очевидно, обусловлены их малыми размерами, которые не позволяют полностью реализовать заложенный в них потенциал многоплодия, сопоставимый с потенциалом крупных среднеплодных пород. Уже при 3-м опоросе среднее многоплодие мини-свиней ИЦиГ СО РАН практически равно многоплодию свиноматок кемеровской породы с низким потенциалом данного признака в конце периода их репродуктивного использования [7], то есть в период реализованного потенциала многоплодия у мини-свиней ИЦиГ СО РАН устанавливается средняя величина признака, равная конечной для среднеплодных крупных пород. Приняв, что эта средняя величина является, действительно, конечной, становится понятной ее стабильность, и дальнейшее уменьшение практически уже невозможно.

Сравнение многоплодия белых и небелых свиноматок показало, что разница между ними сравнима с разницей по величине помета между крупными европейскими белыми и небелыми породами. Можно предположить, что преимущество свиноматок белой масти по многоплодию в обоих случаях связана с наличием доминантного аллеля *I* эпистатической белой масти. Это предположение вполне корректно, так как белую масть мини-свиньи ИЦиГ СО РАН унаследовали от крупных многоплодных белых пород. Следует заметить, что многоплодие белых свиноматок выходит за рамки оптимального для мини-свиней ИЦиГ СО РАН, что приводит к селекционному противоречию. С одной стороны, для данной селекционной группы желательна белая масть, с другой стороны, белые свиноматки рожают поросят в количестве, превышающем их возможности по выкармливанию. Возможно, данное противоречие является одной из причин стабильного полиморфизма по масти, присущего мини-свиньям ИЦиГ СО РАН.

В заключение следует добавить: несмотря на то, что при формировании селекционной группы использовали хряков многоплодной вьетнамской породы, многоплодие черных свиноматок практически не отличалось от многоплодия свиноматок с окраской дикого типа (агути) и черно-пестрых. Со 2-го по 10-й опоросы среднее многоплодие черных свиноматок составило $7,41 \pm 0,216$ поросят на опорос, тогда как свиноматки масти агути и черно-пестрая имели, соответственно, $6,98 \pm 0,218$ и $7,51 \pm 0,216$ поросят на опорос.

Выводы

1. Возрастная динамика многоплодия мини-свиней ИЦиГ СО РАН состоит из двух периодов: периода становления репродуктивного потенциала (1–3-й опоросы) и периода реализованного репродуктивного потенциала (3–10-й опоросы). Период постепенного снижения многоплодия отсутствует.

2. Белые свиноматки – носители доминантного аллеля *I* эпистатической белой масти – имеют многоплодие, более высокое, чем свиноматки, гомозиготные по рецессивному аллелю *i*. Разница между белыми и небелыми свиноматками мини-свиней ИЦиГ СО РАН по числу потомков в помете сопоставима с разницей по этому признаку между белыми и окрашенными породами европейской селекции.

3. Белые и небелые свиноматки мини-свиней ИЦиГ СО РАН различаются по продолжительности периодов становления репродуктивного потенциала. У белых свиноматок он длится с 1-го по 4-й опоросы, у небелых – с 1-го по 3-й опоросы. Результатом этого различия является разница по величине помета в период реализованного репродуктивного потенциала.

4. Различия между белыми и небелыми свиноматками по многоплодию не связаны с дифференциальной смертностью нерожденных поросят. Данный феномен не имеет сцепления с полиморфизмом гена *KIT*.

Работа поддержана бюджетным проектом № FWNR-2022–0023.

Библиографический список

1. Иванчук В. Биогенетические особенности редких и исчезающих пород свиней // Ветеринария сельскохозяйственных животных. – 2011. – № 2. – С. 55–60.
2. Кабанов В.Д. Повышение продуктивности свиней: Монография. – М.: Колос, 1983. – 256 с.
3. Кабанов В.Д., Терентьева А.С. Породы свиней: Учебное пособие. – М.: Агропромиздат, 1985. – 336 с.
4. Капанадзе Г.Д., Аушев Ж.А. Светлогорская популяция мини-свиней // Биомедицина. – 2007. – № 6. – С. 70–80.
5. Князев С.П. и др. Изучение процесса формирования уникальной врожденной полидактилии у мини-свиней // Инновации и продовольственная безопасность. – 2023. – № 4 (42). – С. 102–118.
6. Лакин Г.Ф. Биометрия: Учебник. – М.: Высшая школа, 1990. – 352 с.
7. Никитин С.В., Князев С.П. Отбор и адаптация в популяциях домашних свиней: Монография. – Saarbrücken: Lambert Academy Publ. (LAP), 2015. – 221 с.
8. Плохинский Н.А. Наследуемость: Учебное пособие. – Новосибирск: СО АН СССР, 1964. – 196 с.
9. Плохинский Н.А. Руководство по биометрии для зоотехников: Учебное пособие. – М.: Колос, 1969. – 256 с.
10. Тихонов В.Н. Плодовитость домашних свиней в связи с некоторыми условиями внутриматочного развития плодов // Журнал общей биологии. – 1952. – № 1 (13). – С. 65–75.
11. Тихонов В.Н. Лабораторные мини-свиньи. Генетика и медико-биологическое использование. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2010. – 304 с.
12. Шатохин К.С. и др. Отсутствие инбредной депрессии в стаде мини-свиней ИЦиГ СО РАН // Актуальные проблемы агропромышленного комплекса: Сборник трудов научно-практической конференции преподавателей, аспирантов, магистрантов и студентов (г. Новосибирск, 20 октября 2021 г.). – Новосибирск: Золотой колос, 2021. – С. 502–507.
13. Швебель Т.И. и др. Возрастные изменения количества новорожденных поросят у свиноматок с различным потенциальным многоплодием // Актуальные проблемы животноводства: наука, производство и образование: Материалы II Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию зооинженерного факультета Новосибирского ГАУ. – Новосибирск: Новосибирский ГАУ, 2006. – С. 85–87.
14. Andersson L., Plastow G., Rothschild M.F., Ruvinsky A. (eds.). Molecular Genetics of Coat Colour Variation // In: The Genetics of the Pig. – Cambridge, USA: Cab Int., 2011. – Pp. 38–50. DOI: 10.1079/9781845937560.0038.

15. *Bakoev S. et al.* Survey of SNPs Associated with Total Number Born and Total Number Born Alive in Pig // *Genes*. – 2020. – Vol. 5, № 11. – Art. 491. DOI: 10.3390/genes11050491. – URL: <https://www.mdpi.com/2073-4425/11/5/491> (Access date: 21.05.2024).
16. *Bonanzinga M. et al.* The Breeding of the Main Local Pig Breeds in Mediterranean Europe // *Options Méditerranéennes. Série A: Séminaires Méditerranéens*. – 2012. – Vol. 101. – Pp. 117–124.
17. *Camargo E.G. et al.* Genetic Study of Litter Size and Litter Uniformity in Landrace Pigs // *Revista Brasileira de Zootecnia*. – 2020. – Vol. 49. – Art. e20180295. DOI: 10.37496/rbz4920180295. – URL: <https://rbz.org.br/article/genetic-study-of-litter-size-and-litter-uniformity-in-landrace-pigs/> (Access date: 21.05.2024).
18. *Candek-Potokar M., Linan R.M.N.* European Local Pig Breeds – Diversity and Performance. – Rijeka, Croatia: IntechOpen, 2019. – 318 p.
19. *Fontanesi L.* Invited Review: Genetics and Genomics of Pigmentation Variability in Pigs: A Review // *Livestock Science*. – 2022. – Vol. 265. – Art. 105079. – URL: <http://doi.org/10.1016/j.livsci.2022.105079> (Access date: 21.05.2024).
20. *Freyer G.* Maximum Number of Total Born Piglets in a Parity and Individual Ranges in Litter Size Expressed as Specific Characteristics of Sows // *Journal of Animal Science and Technology*. – 2018. – Vol. 60, № 1. – Art. 13. DOI: 10.1186/s40781-018-0172-x. – URL: <https://janimscitechnol.biomedcentral.com/articles/10.1186/s40781-018-0172-x> (Access date: 21.05.2024).
21. *Hamann H., Steinheuer R., Distl O.* Estimation of Genetic Parameters for Litter Size as a Sow and Boar Trait in German herdbook Landrace and Pietrain swine // *Livestock Production Science*. – 2004. – Vol. 85, № 2–3. – Pp. 201–207.
22. *Lasley J.* Genetics of Livestock Improvement. – New Delhi: Prentice Hall of India Pvt. Ltd., 1963. – 342 p.
23. *Luo H. – Q. et al.* Effect of Prepregnancy Obesity on Litter Size in Primiparous Minipigs // *Journal of the American Association for Laboratory Animal Science*. – 2018. – Vol. 57, № 2. – Pp. 115–123.
24. *Nikitin S.V. et al.* Frequency of Chromosomes Carrying Endogenous Retroviruses in the Populations of Domestic Pig and Wild Boar // *Russian Journal of Genetics*. – 2008. – Vol. 44, № 6. – Pp. 686–693.
25. *Nikitin S.V. et al.* Polymorphic Loci of Coat Color in Mini-pigs // *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. – 2016. – Vol. 20, № 5. – Pp. 584–595.
26. *Nikitin S.V. et al.* Juvenile Coat Colours in Mini-pigs at ICG // *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. – 2017. – Vol. 21, № 6. – Pp. 638–645.
27. *Nikitin S.V. et al.* Breeding and Selection of Mini-pigs in the ICG SB RAS // *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. – 2018. – Vol. 22, № 8. – Pp. 922–930.
28. *Nikitin S.V. et al.* Unusual Congenital Polydactyly in Mini-pigs from the Breeding Group of the Institute of Cytology and Genetics (Novosibirsk, Russia) // *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. – 2021. – Vol. 25, № 6. – Pp. 652–660.
29. *Nikitin S.V., Knyazev S.P., Shatokhin K.S.* Miniature Pigs of ICG as a Model Object for Morphogenetic Research // *Russian Journal of Genetics: Applied Research*. – 2014. – Vol. 4, № 6. – Pp. 511–522.
30. *Nowak B. et al.* Reproduction Indicators Related to Litter Size and Reproduction Cycle Length Among Sows of Breeds Considered Maternal and Paternal Components Kept on Medium-Size Farms // *Animals*. – 2020. – Vol. 10, № 7. – Art. 1164. DOI: 10.3390/ani10071164. – URL: <https://www.mdpi.com/2076-2615/10/7/1164> (Access date: 21.05.2024).
31. *Ocepek M., Andersen I.L.* Sow Communication with Piglets While Being Active is a Good Predictor of Maternal Skills, Piglet Survival and Litter Quality in Three Different

- Breeds of Domestic Pigs (*Sus scrofa domesticus*) // PLOS ONE. – 2018. – Vol. 13, № 11. – Art. e0206128. – DOI: 0.1371/journal.pone.0206128. – URL: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0206128> (Access date: 21.05.2024).
32. Ollivier L., Sellier P. Pig Genetics: A Review (1) // Ann. Genet. Sel. Anim. – 1982. – Vol. 14, № 4. – Pp. 481–544.
33. Pond W.G., Houpt K.A. The Biology of the Pig. – NY, USA: Cornell Univ Pr, 1978. – 352 p.
34. Rothschild M.F. Genetics and Reproduction in the Pig // Animal Reproduction Science. – 1996. – Vol. 42, № 1–4. – Pp. 143–151.
35. Rothschild M.F., Hu Z., Jiang Z. Advances in QTL Mapping in Pigs // International Journal of Biological Sciences. – 2007. – Pp. 192–197.
36. Sell-Kubiak E. Selection for Litter Size and Litter Birthweight in Large White Pigs: Maximum, Mean and Variability of Reproduction Traits // Animal. – 2021. – Vol. 15, № 10. – Art. 100352. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.animal.2021.100352> (Access date: 21.05.2024).
37. Shatokhin K.S. Problems of Mini-pig Breeding // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. – 2021. – Vol. 25, № 3. – Pp. 284–291.
38. Tucker B.S. et al. Piglet Viability: A Review of Identification and Pre-Weaning Management Strategies // Animals. – 2021. – Vol. 11, № 10. – Art. 2902. DOI: 10.3390/ani11102902. – URL: <https://www.mdpi.com/2076-2615/11/10/2902> (Access date: 21.05.2024).
39. Tummaruk P. et al. Effect of Birth Litter Size, Birth Parity Number, Growth Rate, Backfat Thickness and Age at First Mating of Gilts on Their Reproductive Performance as Sows // Animal Reproduction Science. – 2001. – Vol. 66, № 3–4. – Pp. 225–237.
40. Vaishnav S. et al. Allelic to Genome Wide Perspectives of Swine Genetic Variation to Litter Size and Its Component Traits // Molecular Biology Reports. – 2023. – Vol. 50, № 4. – Pp. 3705–3721. DOI: 10.1007/s11033-022-08168-5.

AGE-RELATED PROLIFICACY DYNAMICS IN MINI-PIGS OF ICiG SB RAS AND ITS ASSOCIATION WITH THE WHITE COAT COLOR

S.V. NIKITIN¹, S.P. KNYAZEVA², V.I. ZAPOROZHETS¹,
E.V. KORSHUNOVA¹, K.S. SHATOKHIN², V.I. ERMOLAEV²

(¹Institute of Cytology and Genetics, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences;
²Novosibirsk State Agrarian University)

The article presents the results of the prolificacy dynamics analysis (the number of newborn piglets per litter) in the mini-pig breeding group of ICiG SB RAS. It is shown that the form of age-related dynamics of this trait in mini-pigs differs significantly from that described earlier in the Kemerovo breed. In the latter it has the shape of a parabola, in the former it has two consecutive rectilinear segments. The comparison of prolificacy of white (genotype I/...) and non-white (genotype i/i) mini-pigs of ICiG SB RAS showed a statistically significant superiority of the average values of the trait in sows with genotype I/..., as well as the difference in the age-related dynamics in the compared groups. The difference in the mean prolificacy between carriers of the dominant allele I of the epistatic white coat color and homozygotes for the recessive 'non-white' allele i is comparable to the difference in this trait between multi- and medium-fertile breeds of European domestic pigs. The age-related prolificacy dynamics show that the high value of the trait in white mini-pigs is due to the longer period of reproductive potential development. In non-white mini-pigs it lasts from the 1st to the 3rd farrow, in white pigs from the 1st to the 4th farrow.

A comparison of the reciprocal crosses of white sows with non-white boars and non-white sows with white boars showed that the average prolificacy of the first type of cross was significantly higher than that of the second type. The obtained result suggests that the higher prolificacy of white sows of mini-pigs of ICiG SB RAS is due to the characteristics of their own organism, and is not related to the prenatal viability of the offspring.

Keywords: *prolificacy, mini-pigs of ICiG SB RAS, epistatic white coat color, age-related dynamics in the trait, alignment using a weighted moving average method.*

References

1. Ivanchuk V. Biogenetic features of rare and endangered pig breeds. *Veterinariya selskokhozyaystvennykh zhivotnykh*. 2011;02:55–60. (In Russ.)
2. Kabanov V.D. *Increasing pig productivity: a monograph*. Moscow, USSR: Kolos, 1983:256. (In Russ.)
3. Kabanov V.D., Terent'eva A.S. *Pig breeds: a textbook*. Moscow, USSR: Agropromizdat, 1985:336. (In Russ.)
4. Kapanadze G.D., Aushev Zh.A. Svetlogorsk mini-pig population. *Journal Biomed*. 2007;6:70–80. (In Russ.)
5. Knyazev S.P., Nikitin S.V., Schmidt Yu.D., Travin M.A. et al. Study of the process of formation of a unique congenital polydactyly in mini-pigs. *Innovations and Food Safety*. 2023;(4):102–118. (In Russ.) <https://doi.org/10.31677/2311-0651-2023-42-4-102-118>
6. Lakin G.F. *Biometrics: a textbook*. Moscow, USSR: Vysshaya shkola, 1990:352. (In Russ.)
7. Nikitin S.V., Knyazev S.P. *Selection and adaptation among domestic pigs populations: a monograph*. Saarbrücken, Germany: Lambert Academy Publishing (LAP), 2015:221. (In Russ.)
8. Plokhinskiy N.A. *Heritability: a textbook*. Novosibirsk, USSR: SO AN SSSR, 1964:196. (In Russ.)
9. Plokhinskiy N.A. *Handbook of biometrics for zootechnicians: a textbook*. Moscow, USSR: Kolos, 1969:256. (In Russ.)
10. Tikhonov V.N. Fertility of hogs in relation to certain conditions of intrauterine fetal development. *Journal of General Biology*. 1952;1(13):65–75. (In Russ.)
11. Tikhonov V.N. *Laboratory mini-pigs. Genetics and biomedical uses*. Novosibirsk, Russia: SB RAS, 2010:304. (In Russ.)
12. Shatokhin K.S. et al. Absence of inbred depression in the mini-pig herd of ICiG SB RAS. *Nauchno-prakticheskaya konferentsiya prepodavateley, aspirantov, magistrantov i studentov Novosibirskogo GAU 'Aktualnye problemy agropromyshlennogo kompleksa'. October 20, 2021*. Novosibirsk, Russia: Zolotoy kolos, 2021:502–507. (In Russ.)
13. Shvebel T.I. et al. Age-related changes in the number of newborn piglets in sows with different potential prolificacy. *II mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya, posvyashchennaya 70-letiyu zootsivnogo fakulteta Novosibirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta 'Aktualnye problemy zhivotnovodstva: nauka, proizvodstvo i obrazovanie'. March 22–24, 2006*. Novosibirsk, Russia: Novosibirsk State Agricultural University, 2006:85–87. (In Russ.)
14. Andersson L., Plastow G. Molecular Genetics of Coat Colour Variation. In: *The Genetics of the Pig / M.F. Rothschild, A. Ruvinsky (Eds.)*. Cambridge, USA: Cab Int., 2011:38–50. <http://doi.org/10.1079/9781845937560.0038>
15. Bakoev S. et al. Survey of SNPs Associated with Total Number Born and Total Number Born Alive in Pig. *Genes*. 2020;5(11):491. <http://doi.org/10.3390/genes11050491>

16. Bonanzinga M. et al. The Breeding of the Main Local Pig Breeds in Mediterranean Europe. *Options Méditerranéennes. Série A: Séminaires Méditerranéens*. 2012;101:117–124.
17. Camargo E.G. et al. Genetic Study of Litter Size and Litter Uniformity in Landrace Pigs. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2020;49: e20180295. <http://doi.org/10.37496/rbz4920180295>
18. Candek-Potokar M., Linan R.M.N. *European Local Pig Breeds – Diversity and Performance*. Rijeka, Croatia: IntechOpen, 2019:318.
19. Fontanesi L. Invited Review: Genetics and Genomics of Pigmentation Variability in Pigs: A Review. *Livestock Science*. 2022;265:105079. <http://doi.org/10.1016/j.livsci.2022.105079>
20. Freyer G. Maximum Number of Total Born Piglets in a Parity and Individual Ranges in Litter Size Expressed as Specific Characteristics of Sows. *Journal of Animal Science and Technology*. 2018;60(1):13. <http://doi.org/10.1186/s40781-018-0172-x>
21. Hamann H., Steinheuer R., Distl O. Estimation of Genetic Parameters for Litter Size as a Sow and Boar Trait in German Herdbook Landrace and Pietrain Swine. *Livestock Production Science*. 2004;85(2–3):201–207. [http://doi.org/10.1016/S0301-6226\(03\)00135-0](http://doi.org/10.1016/S0301-6226(03)00135-0)
22. Lasley J. *Genetics of Livestock Improvement*. New Delhi: Prentice Hall of India Pvt. Ltd., 1963:342.
23. Luo H. – Q. et al. Effect of Prepregnancy Obesity on Litter Size in Primiparous Minipigs. *Journal of the American Association for Laboratory Animal Science*. 2018;57(2):115–123.
24. Nikitin S.V. et al. Frequency of Chromosomes Carrying Endogenous Retroviruses in the Populations of Domestic Pig and Wild Boar. *Russian Journal of Genetics*. 2008;44(6):686–693. <http://doi.org/10.1134/S1022795408060082>
25. Nikitin S.V. et al. Polymorphic Loci of Coat Color in Mini-pigs. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2016;20(5):584–595. <http://doi.org/10.18699/VJ16.180>
26. Nikitin S.V. et al. Juvenile Coat Colours in Mini-pigs at ICG. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2017;21(6):638–645. <http://doi.org/10.18699/VJ17.280>
27. Nikitin S.V. et al. Breeding and Selection of Mini-pigs in the ICG SB RAS. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2018;22(8):922–930. <http://doi.org/10.18699/VJ18.434>
28. Nikitin S.V. et al. Unusual Congenital Polydactyly in Mini-pigs from the Breeding Group of the Institute of Cytology and Genetics (Novosibirsk, Russia). *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2021;25(6):652660. <http://doi.org/10.18699/VJ21.074>
29. Nikitin S.V., Knyazev S.P., Shatokhin K.S. Miniature Pigs of ICG as a Model Object for Morphogenetic Research. *Russian Journal of Genetics: Applied Research*. 2014;4(6):511–522. <http://doi.org/10.1134/S207905971406015X>
30. Nowak B. et al. Reproduction Indicators Related to Litter Size and Reproduction Cycle Length Among Sows of Breeds Considered Maternal and Paternal Components Kept on Medium-Size Farms. *Animals*. 2020;10(7):1164. <http://doi.org/10.3390/ani10071164>
31. Ocepek M., Andersen I.L. Sow Communication with Piglets While Being Active is a Good Predictor of Maternal Skills, Piglet Survival and Litter Quality in Three Different Breeds of Domestic Pigs (*Sus scrofa domestica*). *PLOS ONE*. 2018;13(11): e0206128. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0206128>
32. Ollivier L., Sellier P. Pig Genetics: A Review. *Ann. Genet. Sel. Anim.* 1982;14(4):4810544. <http://doi.org/10.1186/1297-9686-14-4-481>
33. Pond W.G., Houpt K.A. *The Biology of the Pig*. NY, USA: Cornell Univ Pr, 1978:352.
34. Rothschild M.F. Genetics and Reproduction in the Pig. *Animal Reproduction Science*. 1996;42(1–4):143–151. [http://doi.org/10.1016/0378-4320\(96\)01486-8](http://doi.org/10.1016/0378-4320(96)01486-8)
35. Rothschild M.F., Hu Z., Jiang Z. Advances in QTL Mapping in Pigs. *International Journal of Biological Sciences*. 2007:192–197. <http://doi.org/10.7150/ijbs.3.192>

36. Sell-Kubiak E. Selection for Litter Size and Litter Birthweight in Large White Pigs: Maximum, Mean and Variability of Reproduction Traits. *Animal*. 2021;15(10):100352. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2021.100352>
37. Shatokhin K.S. Problems of Mini-pig Breeding. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2021;25(3):284–291. <http://doi.org/10.18699/VJ21.032>
38. Tucker B.S. et al. Piglet Viability: A Review of Identification and Pre-Weaning Management Strategies. *Animals*. 2021;11(10):2902. <http://doi.org/10.3390/ani11102902>
39. Tummaruk P. et al. Effect of Birth Litter Size, Birth Parity Number, Growth Rate, Backfat Thickness and Age at First Mating of Gilts on Their Reproductive Performance as Sows. *Animal Reproduction Science*. 2001;66(3–4):225–237. [http://doi.org/10.1016/s0378-4320\(01\)00095-1](http://doi.org/10.1016/s0378-4320(01)00095-1)
40. Vaishnav S. et al. Allelic to Genome Wide Perspectives of Swine Genetic Variation to Litter Size and Its Component Traits. *Molecular Biology Reports*. 2023;50(4):3705–3721. <http://doi.org/10.1007/s11033-022-08168-5>

Сведения об авторах

Никитин Сергей Вячеславович, канд. биол. наук, старший научный сотрудник лаборатории молекулярной генетики и селекции сельскохозяйственных животных, ФИЦ «Институт цитологии и генетики Сибирского отделения РАН»; 630090, Российская Федерация, г. Новосибирск, пр-кт Академика Лаврентьева, 10; тел.: (383) 363–49–80; e-mail: nsv1956@mail.ru

Князев Сергей Павлович, канд. биол. наук, доцент, доцент кафедры частной зоотехнии и кормления животных, ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный аграрный университет»; 630039, Российская Федерация, г. Новосибирск, ул. Добролюбова, 160; тел.: (383) 267–19–92; e-mail: knyser@rambler.ru

Запорожец Вера Ивановна, зоотехник лаборатории молекулярной генетики и селекции сельскохозяйственных животных, ФИЦ «Институт цитологии и генетики Сибирского отделения РАН»; 630090, Российская Федерация, г. Новосибирск, пр-кт Академика Лаврентьева, 10; тел.: (383) 363–49–80; e-mail: verazaporoze9@gmail.com

Коршунова Елена Викторовна, старший лаборант лаборатории молекулярной генетики и селекции сельскохозяйственных животных, ФИЦ «Институт цитологии и генетики Сибирского отделения РАН»; 630090, Российская Федерация, г. Новосибирск, пр-кт Академика Лаврентьева, 10; тел.: (383) 363–49–80; e-mail: Len.ediger2009@yandex.ru

Шатохин Кирилл Сергеевич, канд. биол. наук, старший научный сотрудник лаборатории прикладной биоинформатики, ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный аграрный университет»; 630039, Российская Федерация, г. Новосибирск, ул. Добролюбова, 160; тел.: (383) 267–19–92; e-mail: true_genetic@mai.ru

Ермолаев Виктор Иванович, д-р биол. наук, профессор, профессор кафедры частной зоотехнии и кормления животных, ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный аграрный университет»; 630039, Российская Федерация, г. Новосибирск, ул. Добролюбова, 160; тел.: (383) 267–19–92; e-mail: ermolaev@bionet.nsc.ru

Information about the authors

Sergey V. Nikitin, CSc (Bio), Senior Research Associate at the Laboratory of Molecular Genetics and Breeding of Farm Animals, Institute of Cytology and Genetics, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (10 Akademika Lavrent'eva Ave., Novosibirsk, 630090, Russian Federation); phone: (383) 363–49–80; e-mail: nsv1956@mail.ru

Sergey P. Knyazev, CSc (Bio), Associate Professor, Associate Professor at the Department of Specific Animal Science and Animal Feeding, Novosibirsk State Agrarian University (160 Dobrolubova St., Novosibirsk, 630039, Russian Federation); phone: (383) 267–19–92; e-mail: knyser@rambler.ru

Vera I. Zaporozhets, Zootechnician at the Laboratory of Molecular Genetics and Breeding of Farm Animals, Institute of Cytology and Genetics, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (10 Akademika Lavrent'eva Ave., Novosibirsk, 630090, Russian Federation); phone: (383) 363–49–80; e-mail: verazaporoze9@gmail.com

Elena V. Korshunova, Research Technician at the Laboratory of Molecular Genetics and Breeding of Farm Animals, Institute of Cytology and Genetics, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (10 Akademika Lavrent'eva Ave., Novosibirsk, 630090, Russian Federation); phone: (383) 363–49–80; e-mail: Len.ediger2009@yandex.ru

Kirill S. Shatohin, CSc (Bio), Senior Research Associate at the Laboratory of Applied Bioinformatics, Novosibirsk State Agrarian University (160 Dobrolubova St., Novosibirsk, 630039, Russian Federation); phone: (383) 267–19–92; e-mail: true_genetic@mai.ru

Viktor I. Ermolaev, DSc (Bio), Professor, Professor at the Department of Specific Animal Science and Animal Feeding, Novosibirsk State Agrarian University (160 Dobrolubova St., Novosibirsk, 630039, Russian Federation); phone: (383) 267–19–92; e-mail: ermolaev@bionet.nsc.ru

ОПЫТ ВЫРАЩИВАНИЯ ДАФНИИ МАГНА НА ОСНОВЕ ХЛОРЕЛЛЫ В ЕМКОСТЯХ С МАЛЫМ ОБЪЕМОМ СТОЯЧЕЙ ВОДЫ

Г.И. ПРОНИНА, А.В. ЖИГИН, И.М. ЖОГИН, И.А. КОРОЧЕНСКИЙ

(Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева)

Индустриальное рыбоводство является наиболее динамично развивающимся направлением отечественной аквакультуры. Поэтому проблема получения живых кормов для выращивания в искусственных условиях молоди рыб занимает одно из центральных мест в индустриальном рыбоводстве, поскольку такие корма характеризуются высокой пищевой ценностью, высоким содержанием белка, жира, незаменимых аминокислот, витаминов, ферментов и других, особенно важных компонентов. Одним из часто используемых для кормления молоди рыб зоопланктонных видов является *Daphnia magna*, которая характеризуется высокой плодовитостью, быстрым ростом, приспособленностью к широкому диапазону и изменениям абиотических факторов среды. Однако устойчиво высокие результаты культивирования этих организмов требуют в каждом конкретном случае создания специфического комплекса условий. Представлены результаты выращивания дафний для кормовых целей в емкостях с малым объемом стоячей воды. При этом в эксперименте осуществляли подбор оптимального из возможных вариантов их кормления. Использовались стеклянные емкости объемом по 3 л воды, плотность посадки дафний составляла 2000 шт/л. Температура воды поддерживалась на уровне +19...+21°C, искусственное освещение – в течение 14 ч в сутки. Смена воды осуществлялась один раз в два дня на 70% от первоначального объема. Длительность опыта составляла 14 суток. Во всех вариантах опыта содержание аммиака нитритов и нитратов не превышало ПДК. Наилучшие показатели культивирования достигнуты при кормлении дафний культурой хлореллы по сравнению с кормлением дрожжами или смесью дрожжей и хлореллы. Применение рациона только из хлореллы позволило снизить мутность воды и увеличить выживаемость дафний на 17–25%, а выход кормовых организмов – на 23,6–39,1% по сравнению с другими вариантами опыта.

Ключевые слова: дафния magna, *Daphnia magna*, кормовые организмы, хлорелла, выращивание живых кормов.

Введение

Зоопланктон является необходимым элементом естественной кормовой базы водоемов [12]. Он содержит высококонцентрированные полноценные и легкоусвояемые белки и богат жиром [5, 10, 7]. Было доказано, что на личиночной стадии естественные корма по эффективности значительно превосходят искусственные, даже дорогостоящие стартовые комбикорма [1, 13]. В частности, выявлено, что замена рыбной муки на дафнию в рационе личинок кефали (*Mugil cephalus*) повышает эффективность использования корма и ускоряет рост. Гистоморфометрические исследования показали, что при этом у рыбы увеличивается количество бокаловидных клеток, выделяющих муцин и выполняющих в пищеварительной системе антиабразивную и антисептическую функции [11].

В естественной пище рыб содержится большое количество каротиноидов [3]. Недостаточное поступление с кормом этого природного антиоксиданта делает рыб более уязвимыми к экстремальным воздействиям: инфекциям, загрязнению воды, дефициту кислорода, приводит к бледной окраске покровов, мышц, икры, снижает качество производителей и выживаемость молоди [4].

В лабораторном эксперименте на трех видах зоопланктона (*Moina micrura*, *Scapholeberis kingi*, *Brachionus calyciflorus*) было показано, что культивирование с использованием отходов: жмыха и коровьего навоза – позволяет получить живой корм для рыб при низких затратах [14].

В своей естественной среде обитания ветвистоусые рачки питаются различными видами фитопланктона, детрита, бактерий и биопленок. Чтобы предотвратить снижение их плотности при снижении доступности корма, часто дают обогащенный корм соответствующей концентрации. Микроводоросли – такие, как *Chorella vulgaris*, *Nannochloropsis oculata*, *Haematococcus pluvialis* и *Dunaliella salina*, часто используются в качестве обогащающего корма [15].

Современный уровень развития индустриальной аквакультуры остро ставит вопрос полноценного кормления выращиваемой молоди рыб, при этом наряду с разработкой рецептур искусственных комбикормов специалисты продолжают проявлять интерес и к использованию различных видов живых кормов. Естественные живые корма имеют высокое содержание белка, жира, незаменимых аминокислот, витаминов, ферментов и других компонентов, особенно важных для молоди рыб. Одним из часто используемых для кормления молоди рыб зоопланктонных видов является *Daphnia magna*, которая характеризуется высокой плодовитостью, быстрым ростом, приспособленностью к широкому диапазону и изменениям абиотических факторов среды. Однако сравнивая многочисленные приемы культивирования дафний, И.В. Ивлева [2] отмечала, что разработка способа культивирования, дающего устойчиво высокие результаты, едва ли возможна без учета целого ряда специфических факторов: различия условий, в которых осуществляется выращивание, многообразия видов и рас, отличающихся чертами биологии, что требует в каждом конкретном случае создания специфического комплекса условий.

Проблемы возникают на разных этапах процесса. Например, стоячая вода (независимо от типа кормления), замедляет развитие и снижает продуктивность дафний [9]. Это происходит ввиду динамических изменений физико-химических условий в системе культивирования, которые обычно смещают пути размножения с партеногенетического на половой, что приводит к откладке яиц и снижению общего выхода живого корма. Плотность этих живых кормовых организмов может изменяться в ответ на условия окружающей среды – такие, как эвтрофикация по причине избытка питательных веществ, подкисление, загрязнение, проникновение солености и другие факторы, которые происходят внутри системы. Качество воды и обеспеченность кормом в системе оказывают большое влияние на динамику популяции зоопланктона, особенно в искусственной среде [15].

Задача кормления молоди рыб в условиях аквариальной РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева потребовала организовать стабильное культивирование *Daphnia magna* в сравнительно небольшом, но устойчивом количестве. При этом целью работы являлся подбор оптимального из возможных вариантов кормления дафний в малых объемах стоячей воды.

Цель исследований: подбор оптимального из возможных вариантов кормления дафний в малых объемах стоячей воды.

Материал и методы исследований

Объектом исследований являлись ветвистоусые рачки дафния magna (*Daphnia magna* Straus, 1820) от маточной культуры, содержащейся в искусственных условиях. В эксперименте по выращиванию зоопланктона отрабатывались разные варианты кормления рачков. Для каждого варианта использовались стеклянные емкости с 3 л воды, плотность посадки составляла 2000 шт/л. Температура воды поддерживалась на уровне +19...+21°C. Искусственное освещение – в течение 14 ч в сутки. Смена воды осуществлялась один раз в два дня на 70% от первоначального объема. Длительность опыта составляла 14 суток.

Гидрохимические показатели определялись через день. Контролировался уровень свободного аммиака, который, по мнению большинства авторов, не должен превышать 0,05 мг/л. В наших исследованиях во всех вариантах опыта содержание аммиака составляло не выше 0,01 мг/л. Значения нитритов и нитратов не превышали ПДК и находились в пределах 0,1–0,2 и 2–3 мг/л соответственно.

В первом варианте опыта рацион дафний состоял из пекарских дрожжей (*Saccharomyces cerevisiae* Meyen ex E.C. Hansen 1883), во втором – из хлореллы (*Chlorella vulgaris* Beijerinck 1890), а в третьем варианте применяли комбинированное кормление, при котором рацион состоял из двух вышеназванных компонентов (табл. 1). В опытах использовалась суспензия хлореллы, произведенная по собственной эксклюзивной технологии. Хлорелла представляет собой одноклеточную микроводоросль с размером клеток от 5 до 10 микрон. Известно, что внесение суспензии хлореллы улучшает гидрохимический и гидробиологический режимы водоемов, способствуя повышению продуктивности аквакультуры за счет увеличения кормовой базы; метаболиты водорослей также служат кормом для зоопланктона [6, 8]. Определение плотности культуры хлореллы выполняли микроскопически подсчетом клеток в камере Горяева.

Выживаемость рачков оценивали методом подсчета в камере Богорова под бинокулярной лупой через 5 дней и в конце эксперимента. Подвижность рачков определяли визуально по скорости их движения.

Таблица 1

Схема опыта по выращиванию дафнии magna (*Daphnia magna*)

Показатели	Варианты опыта		
	Опыт 1	Опыт 2	Опыт 3
Кратность внесения	1 раз в 3 дня		
Доза	Дрожжи 0,30 г/л	Хлорелла 20 млн кл/л	Дрожжи 0,15 г/л + Хлорелла 10 млн кл/л

Результаты и их обсуждение

Результаты показали, что наилучшие показатели выживаемости и концентрации дафний в конце опыта, а соответственно и биомасса продукции, достигнуты во втором варианте при использовании суспензии хлореллы без добавления дрожжей (табл. 2).

В процессе эксперимента дафнии были распределены равномерно по вариантам опыта, кроме опыта 1 с внесением чистой культуры дрожжей. В опыте 1 дафнии были наиболее подвижными и активно потребляли корм, но находились у дна емкости (рис.).

Таблица 2

Показатели выращивания дафнии magna (*Daphnia magna*) по вариантам опыта

Показатели	Опыт 1	Опыт 2	Опыт 3
Распределение в емкости			
через 7 дней	У дна скученно	Равномерно	Равномерно
через 14 дней	У дна скученно	Равномерно	Равномерно
Подвижность, баллы (от 1 до 10)			
через 7 дней	10	8	7
через 14 дней	9	7	5
Концентрация дафнии magna, шт/л			
через 7 дней	1750	1920	1840
через 14 дней	1280	1780	1440
Выживаемость, %			
через 7 дней	89	96	92
через 14 дней	64	89	72
Биомасса дафний, г/л			
через 7 дней	0,525	0,576	0,552
через 14 дней	0,384	0,534	0,432

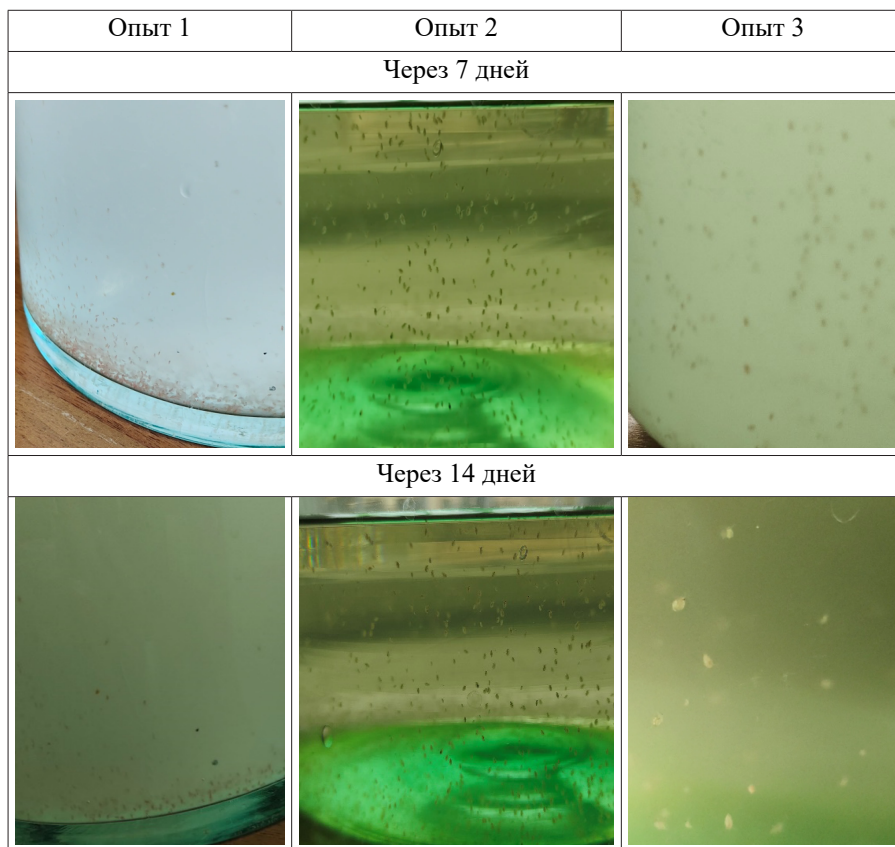


Рис. Распределение дафний

Возможно, создаваемая дрожжами мутность препятствовала полноценному дыханию дафний на фоне выращивания в стоячей воде и накопления продуктов обмена. Кроме того, доза дрожжей была близка к верхней границе, рекомендуемой большинством авторов [16]. В случае кормления дрожжами очень размыта грань между недокормом и перекормом. Недокорм отрицательно влияет на рост, а перекорм приводит к интоксикации зоопланктона, являющегося крайне чувствительным к содержанию биогенов в воде [15].

Выводы

На основании проведенных исследований можно сделать вывод о том, что в конкретно сложившихся условиях культивирования дафнии magna наиболее предпочтительным вариантом ее кормления является применение рациона только из хлореллы. Это позволяет снизить мутность воды и увеличить выживаемость дафний на 17–25%, а выход кормовых организмов – на 23,6–39,1% по сравнению с другими вариантами опыта.

Библиографический список

1. Богданов Н.И., Асанов А.Ю. Прудовое рыбоводство: Учебное пособие. – Изд. 3-е, доп. – Пенза, 2011. – 89 с.
2. Ивлева И.В. Биологические основы и методы массового культивирования кормовых беспозвоночных: Монография. – М.: Наука, 1969. – 171 с.

3. *Калайда М.Л.* Биологические основы рыбоводства: Учебное пособие. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2017. – 148 с.
4. *Камилов Б.Г., Юлдашов М.А.* Аквакультура: Учебник. – Ташкент: Lesson Press, 2020. – 412 с.
5. *Кожокару Т.Т., Ульянов В.Н., Дерменжи П.* К вопросу направленного формирования естественной кормовой базы выростных прудов // Рыбоводство и рыбное хозяйство. – 2012. – № 3. – С. 59–63.
6. *Митишев А.В., Преснякова Е.В., Семенова Е.Ф., Гурина М.А.* Сравнительный анализ штаммов продуцента и инновационного продукта как основных элементов биотехнологии резиноида хлореллы // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. – 2014. – № 4 (8). – С. 19–28.
7. *Руткин Н.М., Лагуткина Л.Ю., Лагуткин О.Ю.* Урбанизированное агропроизводство (сити-фермерство) как перспективное направление развития мирового агропроизводства и способ повышения продовольственной безопасности городов // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия «Рыбное хозяйство». – 2017. – № 4 – С. 95–103.
8. *Фролова М.В., Московец М.В., Птицына Л.А., Торопов А.Ю.* Особенности влияния штамма *Chlorella vulgaris* ИФР № С-111 на качество воды в прудовом рыбоводстве // Орошаемое земледелие. – 2019. – № 3. – С. 46–49.
9. *Шаропова Ш.Р.* Определение и разведение доминантных видов фито- и зоопланктона, рекомендации по биотехнологии // Интеллектуальный потенциал молодых ученых как драйвер развития АПК: мат-лы Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых и обучающихся (Санкт-Петербург – Пушкин, 16–18 марта 2022 г.). – СПб.: СПбГАУ, 2022. – Ч. I. – С. 317–320.
10. *Шейхгасанов К.Г., Лагуткина Л.Ю., Пономарев С.В.* Использование органической экологически чистой биотехнологии выращивания рыбы и сельскохозяйственных культур // Вестник Астраханского государственного технического университета. Сер.: Рыбное хозяйство. – 2014. – № 3. – С. 97–103.
11. *Abo-Taleb H.A., Ashour M., Elokaby M.A., Mabrouk M.M., El-feky M.M.M., Abdelzaher O.F., Gaber A., Alsanie W.F., Mansour A.T.* Effect of a New Feed *Daphnia magna* (Straus, 1820), as a Fish Meal Substitute on Growth, Feed Utilization, Histological Status, and Economic Revenue of Grey Mullet, *Mugil cephalus* (Linnaeus 1758) // Sustainability. 2021. – Vol. 13. – Art. 7093. <https://doi.org/10.3390/su13137093>
12. *Begum M., Noor P., Ahmed K.N., Mohanta L.C., Sultana N., Hasan M.R., Uddin M.N.* Assessment of four different media for the mass culture of *Ceriodaphnia reticulata* (Jurine) as a live fish feed. Journal of the Asiatic Society of Bangladesh, Science 2013. 39(2):129–138.
13. *Din W M.U.D., Altaff K.* Culture of zooplankton for rearing fish larvae // Poll Res. 2010. 29 (2): 91–93.
14. *Kar S., Das P., Das U., Bimola M., Kar D., Aditya G.* Culture of the zooplankton as fish food: observations on three freshwater species from Assam, India. AACL Bioflux. – 2017. – № 10 (5). – Pp. 1210–1220.
15. *Rahman H., Azani N., Suhaimi H., Yatim S.R., Yuslan A. and Rasdi N.W.A* Review on Different Zooplankton Culturing Techniques and Common Problems Associated with Declining Density // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. – 2023. – Vol. 1147, No. 1. – Art. 012012. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1147/1/012012>
16. *Rottmann R.W., Graves J.S., Yanong R.P.E.* Culture Techniques of Moina: The Ideal *Daphnia* for Feeding to Freshwater Fish Fry // Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. – 1992. – № 1–6.

EXPERIENCE OF GROWING *DAPHNIA MAGNA* ON THE BASIS OF CHLORELLA IN SMALL CONTAINERS WITH STANDING WATER

G.I. PRONINA, A.V. ZHIGIN, I.M. ZHOGIN, I.A. KOROCHENSKY

(Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy)

Industrial fish farming is the most dynamically developing area of domestic aquaculture. Therefore, the problem of obtaining live feeds for growing juvenile fish under artificial conditions is of utmost importance, since such feeds are characterized by high nutritional value, high content of protein, fat, essential amino acids, vitamins, enzymes and other important components. One of the most commonly used zooplanktonic species for feeding juvenile fish is Daphnia magna, which is characterized by high fertility, rapid growth, adaptability to a wide range and changes in abiotic environmental factors. However, in order to obtain consistently high results from the cultivation of these organisms, it is necessary to create a specific set of conditions in each individual case. The results of growing Daphnia magna for food purposes in small containers with standing water are presented. At the same time, an experiment was carried out to select the best possible feeding option. Glass containers with three liters of water were used; the density of the Daphnia planting was 2000 pcs/l. The water temperature was maintained at +19 to +21°C. Artificial lighting was provided for 14 hours per day. The water was changed once every two days for 70% of the initial volume. The duration of the test was 14 days. In all experimental variants, the ammonia content of nitrites and nitrates did not exceed the MPC. The best growth rates were obtained when the Daphnia were fed with chlorella culture compared to feeding with yeast or a mixture of yeast and chlorella. The use of a chlorella-only diet reduced water turbidity and increased Daphnia survival rate of by 17–25%, and feed yield by 23.6–39.1% compared to other experimental options.

Keywords: *Daphnia magna*, forage organisms, chlorella, growing live feeds

References

1. Bogdanov N.I., Asanov A.Yu. *Pond fish farming: a textbook*. 3rd ed., updat. Penza, Russia: Penza State Agrarian University, 2011:89. (In Russ.)
2. Ivleva I.V. *Biological bases and methods of mass cultivation of forage invertebrates*: a monograph. Moscow, USSR: Nauka, 1969:171. (In Russ.)
3. Kalayda M.L. *Biological foundations of fish farming*: a textbook. Kazan, Russia: Kazan State Energy University, 2017:148. (In Russ.)
4. Kamilov B.G., Yuldashov M.A. *Aquaculture*: a textbook. Tashkent, Uzbekistan: Lesson Press, 2020:412. (In Russ.)
5. Kozhokaru T.T., Ulyanov V.N., Dermenzhi P. To a question about is described method of increasing the natural food supply. *Fish Breeding and Fisheries*. 2012;3:59–63. (In Russ.)
6. Mityaev A.V., Presnyakova E.V., Semenova E.F., Gurina M.A. Comparative analysis of producer strains and innovative products as the main elements of the biotechnology of chlorella resinoid. *University Proceedings. Volga Region. Natural Sciences*. 2014;4(8):19–28. (In Russ.)
7. Rutkin N.M., Lagutkina L.Yu., Lagutkin O.Yu. Urban agrotechnologies (city farming) as a perspective branch of development of world agribusiness and the way to improve the cities food security. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fishing Industry*. 2017;4:95–103. (In Russ.)

8. Frolova M.V., Moskovets M.V., Pticyna L.A., Toropov A.Yu. Features of the influence of the strain *Chlorella vulgaris* IGF number c-111 water quality in pond farming. *Irrigated Agriculture*. 2019;3:46–49. (In Russ.) <https://doi.org/10.35809/2618-8279-2019-3-12>
9. Sharopova Sh.R. Determination and breeding of dominant phyto- and zooplankton species, recommendations on biotechnology. *Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya molodykh uchenykh i obuchayushchikhsya 'Intellectual'niy potentsial molodykh uchenykh kak drayver razvitiya APK'*. St. Petersburg – Pushkin, March 16–18, 2022. St. Petersburg, Russia: St. Petersburg State Agrarian University, 2022:317–320. (In Russ.)
10. Sheykhgasanov K.G., Lagutkina L.Yu., Ponomarev S.V. Application of organic environmentally appropriate biotechnology of fish breeding and crops farming. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fishing Industry*. 2014;3:97–103. (In Russ.)
11. Abo-Taleb H.A., Ashour M., Elokaby M.A., Mabrouk M.M. et al. Effect of a New Feed *Daphnia magna* (Straus, 1820), as a Fish Meal Substitute on Growth, Feed Utilization, Histological Status, and Economic Revenue of Grey Mullet, *Mugil cephalus* (Linnaeus 1758). *Sustainability*. 2021;13:7093. <https://doi.org/10.3390/su13137093>
12. Begum M., Noor P., Ahmed K.N., Mohanta L.C. et al. Assessment of four different media for the mass culture of *Ceriodaphnia reticulata* (Jurine) as a live fish feed. *Journal of the Asiatic Society of Bangladesh, Science*. 2013;39(2):129–138. <https://doi.org/10.3329/jasbs.v39i2.17849>
13. Din W M.U., Altaff K. Culture of zooplankton for rearing fish larvae. *Poll Res*. 2010;29(2):91–93.
14. Kar S., Das P., Das U., Bimola M. et al. Culture of the zooplankton as fish food: observations on three freshwater species from Assam, India. *AACL Bioflux*. 2017;10(5):1210–1220.
15. Rahman H., Azani N., Suhaimi H., Yatim S.R. et al. Review on Different Zooplankton Culturing Techniques and Common Problems Associated with Declining Density. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci*. 2023;1147:012012. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1147/1/012012>
16. Rottmann R.W., Graves J.S., Yanong R.P.E. *Culture Techniques of Moina: The Ideal Daphnia for Feeding to Freshwater Fish Fry*. Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida, 1992:1–6.

Сведения об авторах

Пронина Галина Иозеповна, д-р биол. наук, доцент, профессор кафедры аквакультуры и пчеловодства, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: gidrobiont4@yandex.ru; тел.: (499) 977–64–76

Жигин Алексей Васильевич, д-р с.-х. наук, профессор, профессор кафедры аквакультуры и пчеловодства, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: azhigin@gmail.com; тел.: (499) 977–64–76

Жогин Иван Михайлович, заведующий Полевой опытной станцией, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: zhogin.ivan@yandex.ru; тел.: (499) 976–11–82

Короченский Иван Александрович, аспирант кафедры аквакультуры и пчеловодства, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: tatr-next@mail.ru

Information about the authors

Galina I. Pronina, DSc (Bio), Associate Professor, Professor at the Department of Aquaculture and Beekeeping, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation); phone: (499) 977–64–76; e-mail: gidrobiont4@yandex.ru

Aleksey V. Zhigin, DSc (Ag), Professor, Professor at the Department of Aquaculture and Beekeeping, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation); phone: (499) 977–64–76; e-mail: azhigin@gmail.com

Ivan M. Zhogin, Head of the Field Experimental Station, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation); phone: (499) 976–11–82; e-mail: zhogin.ivan@yandex.ru

Ivan A. Korochenskiy, postgraduate student, Department of Aquaculture and Beekeeping, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation); e-mail: tatr-next@mail.ru

ГЕНЕТИЧЕСКОЕ МАРКИРОВАНИЕ ЖИВОЙ МАССЫ ОВЕЦ МЯСНОГО НАПРАВЛЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ В РАННЕМ ВОЗРАСТЕ

М.И. СЕЛИОНОВА, Ю.А. ЮЛДАШБАЕВ, М.Ю. ГЛАДКИХ, С.О. ЧЫЛБАК-ООЛ

(Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева)

В исследованиях проведен анализ генетического разнообразия полиморфизма в генах кальпаина (CAPN1) и лептина (LEP) у разных половозрастных групп калмыцкой курдючной породы и влияния разных генотипов на живую массу и среднесуточный прирост у ярок и баранчиков. Установлено, что у баранов-производителей в локусе CAPN1 выше доля аллеля С, а среди овцематок аллели Т и С встречались с одинаковой частотой. У ярок и баранчиков в отличие от родительского поголовья чаще выявлялся аллель Т. В локусе LEP наиболее часто встречались животные с генотипом AG. Для обоих локусов не выявлены отклонения от равновесия Харди-Вайнберга. Живая масса ярок и баранчиков разных генотипов по гену CAPN1 не различалась при рождении, но к возрасту отбивки как баранчики, так и ярок с генотипом CC, превосходили молодняк других генотипов. Не выявлены достоверные различия между живой массой и среднесуточным приростом у ярок и баранчиков разных генотипов по гену LEP, за исключением того, что баранчики генотипа AA характеризовались большей живой массой при рождении, чем их сверстники. Установлено, что бараны-производители с генотипом AA достоверно уступали по живой массе баранам с другими генотипами, в то время как овцематки с генотипом AA, напротив, превосходили овцематок других групп по этому признаку.

Ключевые слова: живая масса, генотипирование, калмыцкая курдючная порода, CAPN1, LEP.

Введение

Как показывает практика мясного овцеводства в большинстве стран мира, коммерческое будущее этой отрасли зависит не только от объемов произведенной мясной продукции, но и от ее качества. С производственной точки зрения это означает, что наибольший экономический эффект может быть достигнут при возможности как можно раньше оценивать животных не только фенотипически, но и в первую очередь генотипически, по таким важным признакам, как скорость роста, качество туши и мяса [10].

К настоящему времени был проведен ряд исследований на овцах шерстного и мясо-шерстного направления продуктивности, в которых представлены данные о наличии связи между полиморфными состояниями отдельных генов и признаками мясной продуктивности [11].

Живая масса при рождении, масса при отъеме, кондиции тела и скорость роста мышц являются полигенными признаками, однако на нескольких видах сельскохозяйственных животных выявлено влияние на них отдельных генов. Одним из таких генов является лептин (LEP), который известен как регулятор жировых отложений, влияющий на процессы метаболизма липидов, а также на аппетит и, следовательно, на скорость роста животного. Лептин также оказывает влияние на воспроизводительные качества и морфологический состав туши [8]. Еще один ген – гормон роста (GH) – играет важную роль в организме животных еще до рождения, поскольку

он вовлечен в деление и рост клеток, формирование хрящей, увеличение костной, мышечной и висцеральной тканей [7]. Значимую роль играет ген кальпаина (*CAPN*), который связан с распадом мышечных белков, в то время как ген кальпастина (*CAST*) является ингибитором действия кальпаина, замедляя и размягчая мышечную ткань после забоя животных.

В дополнение к вышеуказанному о механизме действия кальпаин-кальпастиновой системы имеются сведения о связи кальпаинов с ростом мышц на разных стадиях развития организма, а также с деградацией белков, встроенных в миофибриллы мышц, что способствует потере мышечной массы [1]. Именно поэтому понимание генетических механизмов, определяющих динамику роста животных и особенности формирования туш, является крайне важным для повышения продуктивности мясных овец и улучшения качества баранины.

Важным инструментом в программах генетического улучшения животных является выявление ассоциаций полиморфных вариантов генов *LEP*, *GH*, *CAPN* и ряда других со скоростью прироста живой массой, качественными характеристиками баранины [6]. Разработка методов комплексной оценки и ранней диагностики продуктивных качеств в овцеводстве на основе генотипирования является актуальным направлением исследований как в нашей, так и в других странах [2, 4, 5].

Если для заводских пород овец мясного направления продуктивности подобные работы были проведены, то в отношении отечественных пород они практически не встречаются. Одной из таких аборигенных пород в России является калмыцкая курдючная, селекционная работа с которой представляет огромный интерес, поскольку в Республике Калмыкия возникла необходимость увеличения производства баранины и, следовательно, развития скороспелого мясо-сального овцеводства [3].

Цель исследований: определение наличия связи между показателями живой массы и среднесуточного прироста с однонуклеотидными полиморфизмами, расположенными в генах *CAPN* и *LEP*, на примере овец калмыцкой курдючной породы.

Материал и методы исследований

Базой для исследований явилось опытное хозяйство «АРЛ» Калмыцкого НИИ сельского хозяйства имени М.Б. Нармаева – филиала ФГБНУ «ПАФНЦ РАН».

Для анализа были отобраны 6 баранов и 20 овцематок калмыцкой курдючной породы, от которых получили 26 потомков (12 ярок и 14 баранчиков). Живая масса устанавливалась путем взвешивания с точностью до 0,1 кг: у взрослых животных – однократно, у молодняка – при рождении и в 4-месячном возрасте. Среднесуточный прирост определяли как разность значений живой массы в начале и конце периода учета, разделив на число дней с момента последнего взвешивания.

Все животные находились на пастбищно-стойловом содержания, при этом период на пастбище составлял 285 дней. Структура рациона овец представляет собой следующее: 75–80% – трава естественных пастбищ (ковыль, типчак, солянка); 8–10% – концкорма; 10–15% – грубые корма. Типовой рацион на день включает в себя: 3–4 кг пастбищной травы; 1,5 кг злаково-бобового сена; 0,25 кг концентрированного корма (50% ячменя, 40% кукурузы, 10% шрота подсолнечникового); 0,08 кг минеральной подкормки.

В качестве образцов для генотипирования использовали цельную кровь, собранную в пробирки с этилендиаминтетрауксусной кислотой, а также ушные выщипы. Экстракцию ДНК проводили с использованием набора ДНК-Экстран-1 («Синтол»,

Москва) согласно инструкции, предоставленной фирмой-производителем. Выделенные образцы геномной ДНК анализировали при помощи HRM-анализа на приборе CFX96 (BioRad, США), применяя следующие праймеры: для амплификации фрагмента локуса *CAPN1* – F 5'-AACATTCTCAACAAAGTGGTG-3' и R5'-ACATC-CATTACAGCCACCAT-3'; для *LEP* – F5'-CGCAAGGTCCAGGATGACACC3', R5'- GTCTGGGAGGGAGGAGAGTGA-3' [10]. Условия проведения амплификации и HRM-анализа: 1) +95°C – 4 мин; 2) (+94°C – 45 с, +62°C – 45 с, +72°C – 45 с) × 45 циклов; 3) +72°C – 7 мин [13, 14]. Полученные данные обрабатывали с помощью программного обеспечения для HRM-анализа Precision Melt Analysis™ Software, а также надстройки Microsoft Office Excel 2019. Для оценки достоверности разности показателей применяли критерий Стьюдента с уровнем значимости не ниже $p < 0,05$.

Результаты и их обсуждение

Визуализация результатов HRM-анализа представлена на рисунке.

Анализ частот аллелей в локусе *CAPN1* у родительского поголовья и полученного от них потомства показал, что частоты аллелей С и Т различны у родителей и потомства (табл. 1). Если среди овцематок частоты обоих аллелей одинаковы (0,5 у каждого), то у баранов-производителей преобладает встречаемость аллеля С. Однако у их потомства наблюдалось увеличение частоты встречаемости аллеля Т до 0,77.

Несколько иная картина наблюдается в распределении частот аллелей по локусу *LEP*: у производителей частота аллеля G выше частоты аллеля A, при этом у овцематок встречаемость аллеля G ниже, чем у баранов.

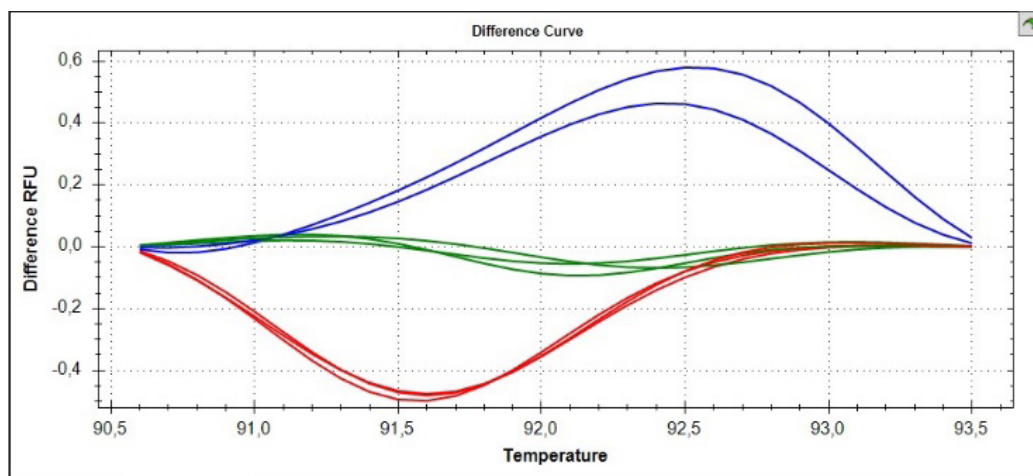
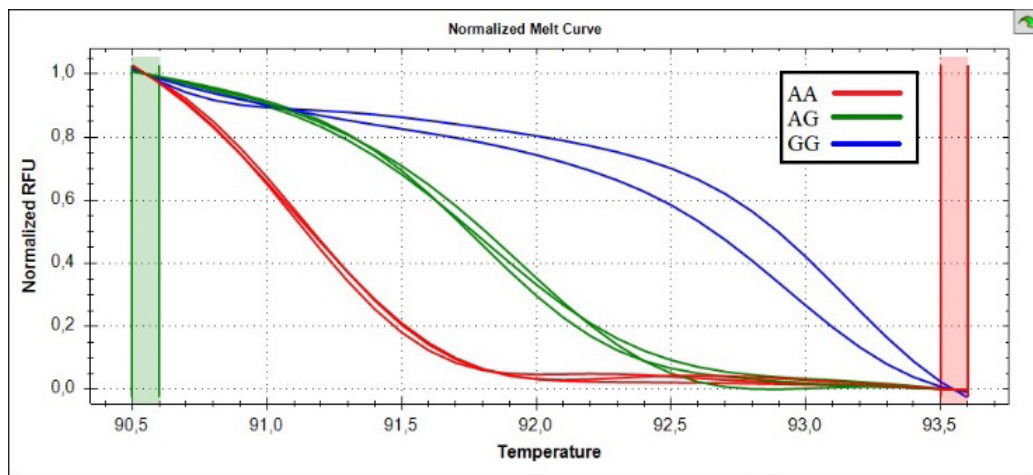
Если сравнивать частоты аллеля у потомков, то в целом у молодняка в отличие от родителей доля аллеля А выше, чем доля аллеля G. При этом если у ярочек доли обоих аллелей абсолютно равны, то у баранчиков аллель А встречается практически в два раза чаще, чем аллель G.

Наблюдаемое изменение частот аллелей у потомства по сравнению с родителями может быть свидетельством того, что в системе спаривания применяется асортативное скрещивание, а также имеет место разная интенсивность отбора и использования баранов-производителей, имеющих различный комплексный генотип по обоим локусам.

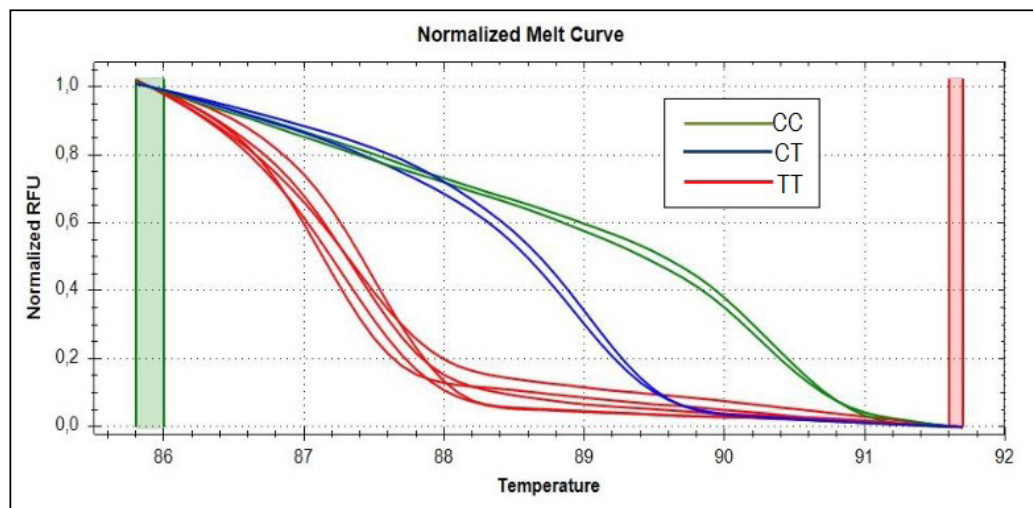
В локусе *CAPN1* не выявлено достоверно значимое отклонение распределения наблюдаемых частот генотипов от теоретически ожидаемых ни у родителей, ни у их потомства. Можно отметить, однако, что у баранов отмечается некоторое увеличение наблюдаемой доли гетерозигот (66,6% против 44,5%), а у овцематок, напротив, отмечено снижение наблюдаемой доли гетерозигот (19,0% против 51,0%). У баранчиков и ярочек наибольшую долю составляли гетерозиготы (СТ) и гомозиготы ТТ, показывая при этом тенденцию роста по сравнению с ожидаемыми частотами.

Научные исследования, проведенные на разных породах овец (египетский и колумбийских креольских), показали, что в конкретных технологических и климатических условиях при отборе по признакам мясной продуктивности может наблюдаться в одних случаях дефицит аллелей Т и, следовательно, генотипов ТТ, а в других случаях – напротив, их избыток и недостаток аллелей С и генотипов СС [8].

В таблице 2 представлен анализ распределения генотипов у родителей и потомства по обоим исследованным локусам с оценкой соответствия наблюдаемого распределения генотипов равновесию Харди-Вайнберга.



a



б

Рис. Результаты HRM-анализа в программе Precision Melt Analysis™ Software для генов *LEP* (*a*) и *CAPN1* (*б*)

Таблица 1

Частоты аллелей локусов *CAPN1* и *LEP* у баранов-производителей, овцематок и молодняка калмыцкой курдючной породы

Локус и аллель	Родительское стадо		Молодняк		
	Бараны-производители	Овцематки	Баранчики	Ярочки	По всем
	Локус <i>CAPN1</i>				
C	0.67±0.08	0.50±0.04	0.214±0.06	0.250±0.07	0.231±0.03
T	0.33±0.08	0.50±0.03	0.786±0.06	0.750±0.07	0.769±0.03
	Локус <i>LEP</i>				
A	0.417±0.08	0.450±0.05	0.643±0.07	0.500±0.08	0.577±0.04
G	0.583±0.08	0.550±0.05	0.357±0.07	0.500±0.08	0.423±0.04

Таблица 2

Распределение генотипов по локусам *CAPN1* и *LEP* у баранов-производителей, овцематок и молодняка калмыцкой курдючной породы, %

Локус и генотип	Родительское стадо				Молодняк					
	Бараны		Овцематки		Баранчики		Ярочки		По всем	
	Н	О	Н	О	Н	О	Н	О	Н	О
	Локус <i>CAPN1</i>									
CC	34.4	42.3	41.0	25.4	16.6	5.6	15.3	5.5	16.6	6.2
CT	65.6	48.4	18.0	50.6	14.4	36.2	13.4	33.1	17.0	37.6
TT	0.0	11.3	41.0	24.0	69.0	58.2	71.3	72.4	66.4	56.3
χ^2	0.30		20.4		2.01		0.43		0.31	
Локус <i>LEP</i>										
AA	16.6	17.5	9.9	20.4	23.0	33.3	28.6	41.5	16.6	26.0
AG	50.0	48.5	70.0	49.3	69.2	48.7	71.4	45.8	66.6	49.0
GG	33.4	34.0	20.1	30.3	7.8	17.8	0.0	12.7	16.8	25.0
χ^2	0.21		1.73		2.26		2.15		0.66	

Примечание. Н – наблюдаемая частота; О – ожидаемая частота, стандартное значение χ^2 – 3,84.

В локусе *LEP*, невзирая на расчетное превышение наблюдаемой частоты гетерозигот АГ как в родительских группах, так и в группах молодняка, также соблюдается равновесие Харди-Вайнберга.

Маркер-ассоциированная селекция, и как один из этапов – определение генотипов животных в раннем возрасте, повышает темпы генетического прогресса по живой массе и среднесуточному приросту только в том случае, если установлены ассоциативные связи между выбранным признаками.

Сравнение средней живой массы баранов разных генотипов по локусу *CAPN1* показало, что гетерозиготы СТ достоверно уступали гомозиготам СС. При этом отбор баранов-производителей осуществлялся с высокой интенсивностью, в результате чего к племенному использованию не допускались животные с генотипом ТТ. Такие результаты селекции свидетельствуют о том, что аллель Т демонстрирует понижающий эффект на живую массу баранов. Среди овцематок разных генотипов не выявлены достоверные различия по средней живой массе. С учетом того, что доля овцематок с генотипом ТТ составляет практически 41%, но понижающего эффекта аллеля Т не наблюдается, то, возможно, проявление действия аллеля Т имеет разное результирующее значение для баранов и овцематок, и это требует повторного исследования с привлечением большего числа баранов и овцематок.

Сравнение живой массы баранов разных генотипов по локусу *LEP* показало, что животные с генотипом АА достоверно уступали баранам с генотипами АГ и GG, при этом между двумя последними группами достоверные различия не установлены. Именно поэтому отбор по живой массе может приводить к повышению частоты аллеля G в группе производителей и в группе молодых баранчиков.

Среди овцематок разных генотипов достоверное превосходство по средней живой массе, напротив, показали животные с генотипом АА по отношению к овцематкам как генотипа АГ, так и GG. Это значит, можно предполагать, что у баранов и овцематок одни и те же генотипы могут по-разному реализовываться в конечной величине средней живой массы. Однако для однозначного заключения также необходимо провести дополнительные исследования.

При оценке молодняка имеют значение показатели живой массы при рождении и возрасте 4 месяцев после отбивки, а также среднесуточный прирост в этот период как стартовый для дальнейшего прогнозирования пожизненной продуктивности (табл. 4).

При сравнении баранчиков разных генотипов локуса *CAPN1* не выявлены достоверные различия по живой массе при рождении. Однако к возрасту отбивки (4 месяца) как баранчики, так и ярочки, демонстрируют достоверное превосходство над сверстниками с генотипами СТ и ТТ не только по живой массе, но и по среднесуточному приросту.

Таблица 3

Живая масса баранов-производителей и овцематок овец калмыцкой курдючной породы разных генотипов по генам *CAPN1* и *LEP*, кг

Половозрастная группа	Локус <i>CAPN1</i>				Локус <i>LEP</i>			
	Все генотипы	СС	СТ	ТТ	Все генотипы	АА	АГ	GG
Бараны	89,3±1,1	91,0*±0,6	87,0±0,4	-	89,3±1,1	85,4*±0,01	90,0±1,1	90,2±1,8
Овцематки	62,3±0,3	62,3±1,2	62,4±1,3	62,0±1,1	62,3±0,3	64,8*±0,1	61,2±0,6	61,7±0,8

*P < 0,05.

Живая масса и среднесуточный прирост баранчиков и ярок калмыцкой курдючной породы разных генотипов по генам *CAPN1* и *LEP*

Локус <i>CAPN1</i>				Локус <i>LEP</i>			
Гено-тип	Живая масса, кг		Средне-суточный прирост, г	Гено-тип	Живая масса, кг		Средне-суточный прирост, г
	при рождении	4 месяца			при рождении	4 месяца	
Баранчики							
СС	4,7±0,2	42,2±0,5*	308,7±3,6*	АА	4,7±0,1*	41,9±0,7	305,3±4,5
СТ	3,7±0,2	38,2±0,4	283,2±3,2	АГ	4,1±0,2	41,2±0,8	304,3±5,6
ТТ	4,4±0,3	40,9±0,3	299,1±2,7	ГГ	-	-	-
Ярочки							
СС	4,1±0,3	40,0±0,7*	297,2±5,6*	АА	3,6±0,4	36,1±1,2	266,0±1,6
СТ	3,4±0,1	36,3±0,5	271,2±6,1	АГ	3,6±0,1	36,2±1,1	267,1±8,3
ТТ	3,6±0,1	34,6±0,6	253,2±5,9	ГГ	3,8±0,0	36,4±0,8	267,9±2,1

*P < 0,05.

При сравнении молодняка разных генотипов по локусу *LEP* у ярок разных генотипов не выявлены достоверные различия ни по среднесуточному приросту, ни по средней живой массе в разные возрастные периоды. Напомним, что среди баранчиков не были выявлены животные с генотипом ГГ. Группа животных с генотипом АА отличалась достоверно большей живой массой при рождении, чем группа с генотипом АГ, но к 4-месячному возрасту эти различия стали недостоверными. У ярок также не установлены достоверные различия по живой массе в разные возрастные периоды. Средняя величина среднесуточного прироста как у баранчиков, так и у ярок разных генотипов, не имела достоверных различий.

Выводы

Таким образом, полученные результаты дают возможность утверждать, что у баранчиков и ярок калмыцкой курдючной породы генотип СС в локусе *CAPN1* ассоциирован с большей живой массой в период роста и развития от рождения до 4 месяцев, а присутствие аллеля Т оказывает понижающий эффект. Эта же закономерность наблюдается и у баранов-производителей, что является обоснованием целесообразности отбора особей с генотипом СС для повышения доли животных с потенциально более высокой живой массой и скоростью роста.

Что касается гена *LEP*, то не установлена достоверная ассоциация конкретного генотипа с живой массой и среднесуточным приростом у молодняка, в то время как овцематки с генотипом АА показывают преимущество по живой массе над овцематками других генотипов, при этом бараны-производители с генотипом АА достоверно уступают баранам других генотипов. Для получения однозначной информации об ассоциации полиморфизма в гене *LEP* с признаками мясной продуктивности у овец калмыцкой курдючной породы необходимо провести повторные исследования.

Библиографический список

1. Горлов И.Ф., Широкова Н.В., Колосов Ю.А., Беляевская А.В. ДНК-маркеры в селекции овец // Инновации в производстве продуктов питания: от селекции животных до технологии пищевых производств: Материалы Международной научно-практической конференции. – 2019. – С. 164–167.
2. Лушников В.П., Фетисова Т.О., Селионова М.И., Чижова Л.Н., Суржикова Е.С. Полиморфизм генов соматотропина (*GH*), кальпастатина (*CAST*), дифференциального фактора роста (*GDF 9*) у овец татарстанской породы // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2020. – № 1. – С. 2–3.
3. Натыров А.К., Суркова С.А. Продуктивные и племенные качества традиционных видов калмыцкого скота в условиях аридных территорий Юга России // Аграрно-пищевые инновации. – 2018. – № 1 (1). – С. 32–38.
4. Селионова М.И., Айбазов М.М., Мамонтова Т.В. Перспективы использования геномных технологий в селекции овец // Сборник научных трудов Всероссийского научно-исследовательского института овцеводства и козоводства. – 2015. – Т. 3, № 7. – С. 107–112.
5. Azari M.A., Dehnavi E., Yousef S., Shahmohamadi L.A. Polymorphism of Calpastatin, Calpain and Myostatin Genes in Native Dalagh Sheep in Iran // Slovak. Journal of Animal Science. – 2012. – Vol. 45, № 1. – Pp. 1–6. – URL: http://www.cvzv.sk/slju/12_1/Azari-Dehnavi-SJAS-1-2012.pdf.
6. Berry D.P., Conroy S., Pabiau T. et al. Animal Breeding Strategies Can Improve Meat Quality Attributes within Entire Populations // Meat Sci. – 2017. – Vol. 132. – Pp. 6–18. DOI: 10.1016/j.meatsci.2017.04.019.
7. Hajhosseini A., Hashemi A., Razavi S., Pirany N. Association of the Polymorphism in the 5' Fanking Region of the Ovine IGF-I gene with Growth and Development Traits in Markui Sheep of Iran // European Journal of Zoological Research. – 2013. – Vol. 2. – Pp. 19–24.
8. Montes D., Lenis C., Hernández D. Polymorphisms of the Calpain and Calpastatin Genes in Two Populations of Colombian Creole Sheep // Rev. MVZ Cordoba. – 2015. – Vol. 24, № 1. – Pp. 7113–7118. DOI: <https://doi.org/10.21897/rmvz.1345>
9. Radhi A.H., Al-khauzai A.L.D., Al-Shuhaib M. Rapid PCRSSCP Screening of Awassi Sheep Using a Short Fragment (260bp) of Leptin Gene // Translational Clinical Biology. – 2015. – Vol. 3, № 1. – Pp. 1–5. DOI: 10.14259/tcb.v3i1.162.
10. Tellam R., Cockett N., Vuocolo T., Bidwell C. Genes Contributing to Genetic Variation of Muscling in Sheep // Frontiers in Genetics. – 2012. – Vol. 3. – Pp. 1–14. DOI: <https://doi.org/10.3389/fgene.2012.00164>
11. Valencia C.P.L., Franco L.Á.Á. & Hernández Herrera D. Association of Single Nucleotide Polymorphisms in the *CAPN*, *CAST*, *LEP*, *GH*, and *IGF-1* Genes with Growth Parameters and Ultrasound Characteristics of the Longissimus Dorsi Muscle in Colombian Hair Sheep // Tropical Animal Health and Production. – 2022. – Vol. 54. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11250-022-03086-x>

GENETIC MARKING OF LIVE WEIGHT OF MEAT SHEEP AT AN EARLY AGE

M.I. SELIONOVA, YU.A. YULDASHBAEV, M.YU. GLADKIKH, S.O. CHYLBAK-OOL

(Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy)

The study analyzed the genetic diversity of polymorphism in the calpain (CAPN) and leptin (LEP) genes in ewes and rams of the Kalmyk fat-tailed breed and the influence of different genotypes on their live weight and average daily gain. It was found that the proportion of the C allele

in the *CAPN1* locus was higher in rams, while the *T* and *C* alleles were equally frequent in ewes. The *T* allele was more common in ewes and rams than in the parent stock. In the *LEP* locus, animals with the *AG* genotype were most common. No deviations from the Hardy-Weinberg equilibrium were found for either locus. Ewes and rams of different genotypes for the *CAPN1* gene did not differ in live weight at birth, but by the age of weaning, both rams and ewes with the *CC* genotype outperformed the young animals of other genotypes. No reliable differences were found between the live weight and average daily gain in ewes and rams of different genotypes for the *LEP* gene, except that the rams of the *AA* genotype were characterized by a higher live weight at birth than their peers. It was found that stud rams with the *AA* genotype were significantly inferior in live weight to rams with other genotypes, while ewes with the *AA* genotype outperformed ewes of other groups in this trait.

Key words: live weight, genotyping, Kalmyk fat-tailed breed, *CAPN1*, *LEP*.

References

1. Gorlov I.F., Shirokova N.V., Kolosov Yu.A., Belyaevskaya A.V. DNA markers in breeding sheep. *Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya 'Innovatsii v proizvodstve produktov pitaniya: ot selektsii zhivotnykh do tekhnologii pishchevykh proizvodstv. February 07–08, 2019.* Persianovskiy, Russia: Don State Agrarian University, 2019:164–167. (In Russ.)
2. Lushnikov V.P., Fetisova T.O., Selionova M.I., Chizhova L.N., Surzhikova E.S. Polymorphism of somatotropin (GH), calpastatin (CAST), differential growth factor (GDF 9) genes in sheep of Tatarstan breed. *Ovtsy, kozy, sherstyanoe delo.* 2020;1:2–3. (In Russ.)
3. Natyrov A.K., Surkova S.A. Productive and breeding qualities of the traditional types of Kalmyk cattle in the conditions of arid territories of the south of Russia. *Agrarno-pishchevye innovatsii.* 2018;1(1):32–38. (In Russ.)
4. Selionova M.I., Aybazov M.M., Mamontova T.V. Prospects for the use of genomic technologies in sheep breeding. *Sbornik nauchnykh trudov Vserossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta ovtsevodstva i kozovodstva.* 2015;3(7):107–112. (In Russ.)
5. Azari M.A., Dehnavi E., Yousef S., Shahmohamadi L.A. Polymorphism of Calpastatin, Calpain and Myostatin Genes in Native Dalagh Sheep in Iran. *Slovak. Journal of Animal Science.* 2012;45(1):1–6.
6. Berry D.P., Conroy S., Pabiou T. et al. Animal Breeding Strategies Can Improve Meat Quality Attributes within Entire Populations. *Meat Sci.* 2017;132:6–18. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.04.019>
7. Hajhosseinali A., Hashemi A., Razavi S., Pirany N. Association of the Polymorphism in the 5' Fanking Region of the Ovine IGF-I gene with Growth and Development Traits in Markui Sheep of Iran. *European Journal of Zoological Research.* 2013;2:19–24.
8. Montes D., Lenis C., Hernández D. Polymorphisms of the Calpain and Calpastatin Genes in Two Populations of Colombian Creole Sheep. *Rev. MVZ Cordoba.* 2015;24(1):7113–7118. <https://doi.org/10.21897/rmvz.1345>
9. Radhi A.H., Al-khauzai A.L.D., Al-Shuhaib M. Rapid PCRSSCP Screening of Awassi Sheep Using a Short Fragment (260bp) of Leptin Gene. *Translational Clinical Biology.* 2015;3(1):1–5. <https://doi.org/10.14259/tcb.v3i1.162>
10. Tellam R., Cockett N., Vuocolo T., Bidwell C. Genes Contributing to Genetic Variation of Muscling in Sheep. *Frontiers in Genetics.* 2012;3:1–14. <https://doi.org/10.3389/fgene.2012.00164>
11. Valencia C.P.L., Franco L.Á.Á. & Hernández Herrera D. Association of Single Nucleotide Polymorphisms in the CAPN, CAST, LEP, GH, and IGF-1 Genes with Growth Parameters and Ultrasound Characteristics of the Longissimus Dorsi Muscle in Colombian Hair Sheep. *Tropical Animal Health and Production.* 2022;54:80 <https://doi.org/10.1007/s11250-022-03086-x>

Сведения об авторах

Селионова Марина Ивановна, д-р биол. наук, профессор, заведующий кафедрой разведения, генетики и биотехнологии животных, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127559, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: selionova@rgau-msha.ru; тел.: (499) 976–34–34

Юлдашбаев Юсупжан Артыкович, д-р с.-х. наук, профессор, академик РАН, профессор кафедры частной зоотехнии, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127559, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: selionova@rgau-msha.ru; тел.: (499) 976–34–34

Гладких Марианна Юрьевна, канд. с.-х. наук, доцент кафедры разведения, генетики и биотехнологии животных, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127559, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: Marianna.gladkikh@rgau-msha.ru; тел.: (499) 976–34–34

Салбак Олеговна Чылбак-оол, канд. биол. наук, доцент кафедры разведения, генетики и биотехнологии животных, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127559, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: shylbakool@rgau-msha.ru; тел.: (499) 976–34–34

Information about the authors

Marina I. Selionova, DSc (Bio), Professor, Head of the Department of Animal Breeding, Genetics and Biotechnology, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation); phone: (499) 976–34–34; e-mail: selionova@rgau-msha.ru

Yusupzhan A. Yuldashbaev, DSc (Ag), Professor, Full Member of the Russian Academy of Sciences, Professor at the Department of Specific Animal Science, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation); phone: (499) 976–34–34; e-mail: yuldashbaev@rgau-msha.ru

Marianna Yu. Gladkikh, CSc (Ag), Associate Professor at the Department of Animal Breeding, Genetics and Biotechnology, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation); phone: (499) 976–34–34; e-mail: Marianna.gladkikh@rgau-msha.ru

Salbak O. Chylbak-ool, CSc (Bio), Associate Professor at the Department of Animal Breeding, Genetics and Biotechnology, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation); phone: (499) 976–34–34; e-mail: shylbakool@rgau-msha.ru

АНАЛИЗ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ ПРЕДПОЧТЕНИЙ НА РЫНКЕ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ В РФ

Т.В. БИРЮКОВА, Т.И. АШМАРИНА, Н.А. ЯГУДАЕВА,
Е.В. ЭНКИНА, А.Н. ЛОСЕВ, Д.Л. КУШНАРЕВА

(Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева)

В современных условиях развития глобализационных процессов потребительское поведение в отношении покупки и употребления продуктов питания существенным образом трансформировалось. Такое положение дел побуждает участников рынка в работе с потребителями серьезно менять подходы, основой которых должно являться исследование потребительских предпочтений. В настоящее время особый интерес представляет данная трансформация на основных рынках, к которым относится рынок мяса и мясных изделий. В статье отражена предпринятая попытка исследований изменения потребительских предпочтений в отношении мяса и мясных изделий в современных условиях трансформации рынка. Особое внимание сконцентрировано на таком параметре, как качество продукта. В ходе исследований был предложен процесс оценки принятия решения о покупке мяса и мясных изделий потребителем с учетом существенных факторов выбора. Опрос происходил в ряде городов Российской Федерации. В результате исследований установлено, что понятие качество продукта является значимым аспектом выбора мяса и мясных изделий. При этом в современных условиях потребитель все большее внимание стал уделять многим критериям, позволяющим оценить продукт и совершить покупку. Отмечена взаимосвязь уровня дохода и количества значимых параметров, характеризующих качество продукта. В процессе исследований также рассмотрены основные параметры риска от употребления мяса и мясных изделий конечными потребителями. Практическая значимость исследований заключается в возможности для организаций, осуществляющих свою деятельность на данном рынке, создать успешные маркетинговые стратегии, что позволит существенным образом создавать производимую продукцию необходимого для потребителя качества.

Ключевые слова: сегментация, мясо и мясные изделия, рынок продуктов питания, потребление мяса.

Введение

В современных условиях развития рыночных отношений является основополагающим понимание предпочтений потребителей как основного драйвера стратегического развития производства. В настоящее время основные векторы ряда сфер в России определяются наличием государственных программ развития на долгосрочную или среднесрочную перспективы. В основном эти программы касаются тех направлений, которые представляют стратегический интерес в отношении обеспечения главной программы – продовольственной безопасности страны. Следует учитывать и новые приоритеты, которые ставит перед собой государство, а именно развитие АПК с учетом применения новых технологических решений, позволяющих

повысить качество произведенной продукции и, в том числе, сменить векторы экспорта, а именно экспортировать продукцию глубокой переработки, а не сырье.

В настоящее время рынок продуктов питания принимает новые вызовы со стороны политической и экономической сфер, что серьезным образом повлияло на развитие многих организаций, осуществляющих свою деятельность в данных сферах, и также отразилось на поведении потребителей. Особый интерес для исследований представляет изменение потребительских предпочтений в отношении такого фактора, как качество продукта. Это, несомненно, обуславливает серьезную необходимость более детального исследования потребительских предпочтений с целью адаптации организаций, осуществляющих свою деятельность в данной сфере, к новым требованиям, выдвигаемым рынком, для сохранения своей конкурентоспособности и возможности дальнейшего развития в этих непростых условиях.

На наш взгляд, с целью понимания данных серьезных трансформаций следует более подробно исследовать каждый рынок продуктов питания. Особенно эта задача является приоритетной для тех видов рынка, развитие которых напрямую связано с обеспечением продовольственной безопасности страны. К таким рынкам относится, в частности, рынок мяса и мясных изделий. По нашему мнению, основополагающим является начало исследований именно этого направления ввиду оценок ряда экспертов, отмечающих серьезные изменения потребителей относительно привычек потребления.

Авторы статьи согласны с необходимостью процесса серьезных трансформаций относительно изменения потребительского поведения в отношении продуктов питания. Однако, на наш взгляд, требует детального рассмотрения определение новых аспектов критериев выбора продуктов питания, которые с учетом сложившейся ситуации являются основополагающими в развитии спроса, а следовательно, и в развитии организаций, осуществляющих свою деятельность в данной сфере. В этой связи представляется важным рассмотреть подходы к пониманию основополагающих критериев выбора мяса и мясных изделий, основным из которых традиционно является качество продукта. Также существенным аспектом является определение трансформации заданных критериев с учетом влияния внешней среды.

Особый интерес, по нашему мнению, представляют маркетинговое исследование рынка и изучение новых векторов развития данной сферы на примере рынка мяса и мясных изделий, характеризующих изменения потребительских предпочтений относительно такого параметра, как качество продукта. На наш взгляд, именно глубоких исследований, посвященных отдельно взятым направлениям, в настоящий момент недостаточно, что и предопределило выбор исследовательского направления.

Цель исследований: определение потребительского поведения в отношении выбора продуктов питания – в частности, мяса и мясных изделий, с учетом влияния внешних факторов на российском рынке.

Материал и методы исследований

На основании изучения источников литературы было определено, что потребитель реагирует в основном на внешние стимулы. Так, ученые в данной области Брунсе и Грюнерт [7, 15] при исследовании трансформации потребительских предпочтений в качестве основы исследовательской методологии определили образ жизни как предопределяющий фактор определения связи между потребительскими ценностями и потребительским поведением. В этой модели определено 5 основных элементов: определение совершения покупки, определение аспектов качества продукта, определение особенностей приготовления пищи, причины покупки и ситуации потребления [8–10].

Мы согласимся с мнением исследователей в данной сфере, однако, по нашему мнению, в современных условиях следует выделить приоритетный ключевой аспект, определяющий со стороны потребителя выбор мяса и мясных изделий. На наш взгляд, таким аспектом является понимание качества продукта. Полагаем, что представляется важным определение вектора совершения покупки с выявлением основных аспектов качества, которые потребитель выделяет как наиболее значимые в современных условиях. В частности, это относится к более осознанному подбору продуктов, вызванному рядом факторов: смещение спроса в сторону онлайн-заказа продуктов питания; смена привычного поведения и потребления продукции, когда потребление основывается в основном на мотивах поведения; разнообразие стандартного набора продуктовой корзины [12–15]. Все вышеперечисленное позволило потребителю более осознанно отнестись к выбору продуктов питания.

На наш взгляд, изучение процесса совершения покупки с учетом исследования основного аспекта выбора, а именно качества продукта, является целесообразным методом опроса ввиду необходимости объективной оценки изменения потребительских предпочтений на данные категории продуктов в современных условиях.

В соответствии с целью исследований была разработана анкета, а также сформулированы методы исследований. Основной акцент при постановке вопросов концентрировался на следующих аспектах:

1. Оценка поведения конечных потребителей мяса и мясных изделий при покупке в современных условиях.
2. Определение важности аспектов со стороны конечных потребителей, относящихся к процессу производства продукции.

Опрос проводился в форме интервью в городах Москве, Воронеже, Краснодаре в июле 2023 г. посредством онлайн-связи. В опросе приняли участие 223 респондента. Все потребители, принимавшие участие в опросе, являлись гражданами Российской Федерации. Исследования проводились в соответствии с российским законодательством, а также соответствовали Международной декларации проведения опроса людей (г. Хельсинки, Финляндия) [15].

Результаты и их обсуждение

Характеризуя респондентов, следует отметить, что большая часть опрошенных относится к средней возрастной категории – как правило, это работающие люди, проживающие в семьях. Участвующие в опросе респонденты имеют средний доход на одного человека, что соответствует основному портрету потребителя мяса и мясной продукции в Российской Федерации. Большая часть респондентов проживает совместно с семьями (74%), тогда как 24% из них проживает одиночно.

Предварительные вводные вопросы в начале опроса позволили оценить частоту присутствия мяса и мясных изделий на столе. Многие респонденты при этом утверждали, что в последние годы количество употребляемого мяса в их семье увеличилось – в частности, количество приготовленных блюд с использованием мяса и мясных изделий, а также их разнообразие. Респонденты отметили, что почти все приемы пищи в настоящий момент происходят с использованием мяса и мясных изделий, при этом основные предпочтения по видам употребляемого мяса практически не изменились. Однако многие респонденты отметили, что существенно разнообразили приготавливаемые блюда с использованием данных видов мяса, а также существенно сократили в количестве употребляемых полуфабрикатов (колбасно-сосисочных изделий) – 43% опрошенных.

Предпочтительными местами покупки продуктов питания являются гипермаркеты, специализированные магазины, супермаркеты и такая форма покупки, как онлайн-заказ (табл. 1).

Таблица 1

Основные результаты исследования покупки и выбора мяса и мясных изделий

Характеристики	% опрошенных респондентов	Характеристики	% опрошенных респондентов	Характеристики	% опрошенных респондентов
Покупка		Основные характеристики выбора		Оценка по степени важности ряда критериев	
Гипермаркеты	32	Внешний вид	30	Бренд (производитель)	27
Супермаркеты	25	Цена	20	Упаковка	9
Магазины у дома	6	Срок годности	6	Питательная ценность	24
Специализированные магазины	27	Регион	15	Калорийность	26
Онлайн	10	Качество	29	Жирность	14

В ходе исследований установлено, что в последние годы приоритеты осуществления покупки серьезным образом трансформировались, и в первую очередь – за счет доступности информации, развития вектора «Здоровое питание», влияния внешних факторов. Так, большинство респондентов предпочитают самостоятельно выбирать продукцию, оценивая ее внешние характеристики. Как показали исследования, респонденты, которые привыкли покупать мясо и мясные изделия в специализированных магазинах, более тщательно относятся к выбору продукции и характеристикам качества продукта. В ходе беседы обсуждалось также то, какой тип продажи мяса и мясных изделий является предпочтительным. Для большинства опрошенных наличие хорошей упаковки является гарантом качества свежести продукта. Также для многих опрошенных переход ряда специализированных магазинов на продажу продукции с использованием специальной бесконтактной упаковки является необходимым аспектом развития их деятельности. Однако для 24% респондентов остается важным возможность оценить самостоятельно продукт при визуальном осмотре. Следует также отметить, что упакованный производителем продукт считается наиболее гигиеничным для 56% опрошенных респондентов.

В ходе опроса были установлены основные характеристики выбора продукта. Так, для большинства опрошенных внешний вид продукции имеет существенное значение. Следующим, не менее важным фактором, является качество, и на третьем месте означена цена. Трансформация выбора продукта сформировала новую модель поведения. Так, в первую очередь потребитель, совершающий покупку продукции методом онлайн, изменил покупательское поведение в отношении выбора продуктов питания. Ввиду отсутствия возможности оценить главный критерий, а именно внешний вид, потребитель больше внимания стал уделять информации, связанной с качеством продукции, и, соответственно, многие сопутствующие критерии при выборе стали более весомыми.

В ходе опроса потребителю также было предложено оценить степень важности при выборе мяса и мясных изделий ряда критериев с целью установления того, что является основополагающей информацией при выборе упаковки с продукцией.

Так, для респондентов практически равнозначными по значимости являлись такие критерии, как бренд, питательная ценность и калорийность. Также удалось выявить, что для ряда опрашиваемых лиц при выборе продукта главными являются чистота продукта, свежесть, информация о производстве (в частности, об использовании современных технологий, откорме животных, о хранении), запах, в том числе запах при вскрытии упаковки непосредственно перед приготовлением продукта.

В ходе исследований респондентам было предложено самостоятельно проанализировать различные индикаторы качества и идентифицировать наиболее важные из них. Данное предложение было сделано с целью определения и сопоставления уникального и воспринимаемого качества продукта с учетом влияния личностных и социокультурных факторов. В качестве одного из основополагающих критериев сегментации был выбран уровень дохода. На наш взгляд, именно данный критерий позволяет определить обобщенные группы с одинаковыми ориентирами в отношении качества продукта. Также данный критерий позволяет сопоставлять результаты проведенных исследований с другими исследованиями рынка мяса и мясных изделий [5, 6, 11]. Так, для большинства опрошенных наиболее важным индикатором является качество мяса на момент покупки. Многие респонденты акцентировали внимание на том, что именно при осуществлении выбора продукта оцениваются все его характеристики, к которым они отнесли условия выращивания животных, место производства, бренд.

В ходе опроса было установлено, что приоритетными критериями выбора могут являться конкретные регионы производства, производители, экологичность производства. Отмечено также более осознанное потребительское поведение по отношению к экологии. Респонденты отметили, в том числе, что стали задумываться об экологической безопасности употребляемых продуктов. Это еще раз подтверждает осознанный выбор продуктов питания для большинства опрошенных.

Таблица 2

Основные результаты исследования выбора мяса и мясных изделий относительно уровня дохода

Выделенные индикаторы качества	Выделенные сегменты по уровню дохода на 1 потребителя				
	менее 20 тыс. руб.	21–45 тыс. руб.	46–65 тыс. руб.	66–85 тыс. руб.	86 тыс. руб. и более
Условия выращивания животных	-	+	+	+	+
Место производства	-	+	+	+	+
Бренд	+	+	-	+	+
Регион производства	-	-	+	+	+
Производитель	-	+	-	+	+
Экологичность	-	-	-	+	+
Отсутствие ГМО	-	-	-	+	+
Отсутствие гормонов роста	+	-	-	+	+
Откорм	-	-	-	+	+

Следующей проблемной точкой стало обсуждение вопроса относительно взаимосвязи здоровья и употребления продукции, произведенной с использованием ГМО, антибиотиков и гормонов роста. Как показали исследования, около 70% опрошенных достаточно серьезно в последнее время стали относиться к выбору продуктов, а вопросы безопасности продукта для здоровья выступают у них на первом месте.

Следует отметить, что респонденты затронули и такой серьезный аспект, как возможность передачи инфекций от животных к человеку, а также возможность заражения сальмонеллой, кишечной палочкой и т.д. (46% опрошенных). В ходе беседы также было установлено, что, исходя из вышеперечисленного респонденты стараются выбирать продукцию определенного производителя, качеству которого они доверяют. По их мнению, такой производитель, в том числе, следит за условиями выращивания животных и откормом, что в последующем, несомненно, сказывается на их здоровье и, как следствие, на получении продукции высокого качества. Так, около 43% респондентов отметили как значимое «открытость» таких производств для посещения, в том числе онлайн-трансляцию помещений, предназначенных для выращивания сельскохозяйственных животных. Именно доступность информации, по их мнению, позволит доверять производителю и качеству продукта.

Выводы

Таким образом, следует отметить, что предложенная модель исследования процесса принятия решения о покупке мяса и мясных изделий потребителем с учетом существенных факторов выбора является основополагающей с точки зрения выявления новых значимых аспектов качества продукта в отношении выбора мяса и мясных изделий.

Следует отметить существенное развитие потребительской позиции в отношении выбора данной продукции. Для многих респондентов выбор продуктов питания в современных условиях стал приоритетным фактором, что обусловлено развитием вектора «Здоровое питание». Так, в ходе опроса было выявлено существенное разнообразие приготовленных блюд из мяса и мясных изделий. Отмечено, что в последнее время потребитель стал чаще употреблять мясо. По мнению большинства опрошенных, количество данного продукта в рационе, несомненно, увеличилось. Потребитель при покупке все больше ориентируется не на готовые полуфабрикаты, а на мясо как на необходимый ингредиент приготовления тех или иных блюд. Также часть потребителей в последнее время разнообразила свой рацион другими видами мяса.

С целью оценки взаимосвязи наиболее важных аспектов для дискуссии впервые в ходе исследований респондентам было предложено самостоятельно проанализировать различные индикаторы качества и идентифицировать наиболее важные аспекты. В ходе анализа отмечена взаимосвязь уровня дохода и значимости ряда факторов как основополагающих при выборе мяса и мясных изделий. Наиболее широкий спектр представлен у четвертого и пятого сегментов, уровень дохода которых варьировался от 66 тыс. руб. и более на одного члена семьи. В качестве основных рисков при потреблении мяса опрошенные выделяют использование ветеринарных препаратов при выращивании животных, неправильное содержание животных, ввиду которого возможно развитие ряда заболеваний, передающихся человеку (в частности, сальмонелла, кишечная палочка и т.д.). В ходе исследований также было установлено, что все большая часть респондентов уделяет особое внимание факторам производства продукции.

Результаты исследований подтверждают также серьезное отношение потребителей к здоровому образу жизни и стремлению к полноценному питанию. Следует отметить высокую осведомленность потребителя в ряде вопросов, касающихся процесса производства продукции. Это объясняется возможностью легкого доступа

к информации, что, по мнению многих, и является дополнительным значимым аспектом осуществления покупки посредством онлайн. Вопросы здоровья животных, откорма, использования ветеринарных препаратов, а также экологичности производства выделяются как важные критерии качества, которые, несомненно, должны учитываться организациями при производстве мяса и мясных изделий [3, 11].

Библиографический список

1. Ашмарина Т.И., Бирюкова Т.В., Ковалева Е.В. Пандемия COVID-19 ускоряет цифровизацию сельскохозяйственной деятельности // Образование и право. – 2020. – № 11. – С. 341–346.
2. Ашмарина Т.И., Энкина Е.В., Стратегическое планирование деятельности АПК как основа конкурентоспособности организации // Известия ТСХА. – 2021. – № 1. – С. 87–97
3. Ашмарина Т.И. Анализ устойчивого экономического развития сельскохозяйственной деятельности // Известия Международной академии аграрного образования. – 2015. – № 23. – С. 31–35.
4. Бирюкова Т.В. Основные аспекты разработки маркетинговых стратегий как элемент обеспечения конкурентоспособности организаций АПК // Известия Международной академии аграрного образования. – 2019. – № 45. – С. 119–122.
5. Бирюкова Т.В. Органическая продукция: основные перспективы развития потребительских предпочтений // Образование и право. – 2020. – № 4. – С. 409–412.
6. Ashmarina T.I., Biryukova T.V., Sergeyeva N.V., Romanov A.N. Innovation in Mushroom Production // In: Bogoviz A.V. (ed.). The Challenge of Sustainability in Agricultural Systems. Lecture Notes in Networks and Systems. – Springer, Cham., 2021. – Vol. 206. – Pp. 1069–1078.
7. Коноплева Ж.В. Применение маркетинговых технологий продвижения товаров предприятиями АПК в условиях развития цифровой экономики // Международный научный журнал. – 2018. – № 2. – С. 33–42.
8. Володина Н.Г., Гузий С.В. и др. Маркетинг в агропромышленном комплексе: Учебник и практикум / Под ред. Н.В. Сурковой. – 1-е изд. – М.: Юрайт, 2017. – 314 с.
9. Adalja A., Hanson J., Towe C., Tselepidakis E. An Examination of Consumer Willingness to Pay for Local Products // Agr. Resour. Econ. Rev. – 2015. – Vol. 44, № 3. – Pp. 253–274.
10. Baker G.A. Strategic Implications of Consumer Food Safety Preferences: Consumer Concerns and Willingness-to-Pay // International Food and Agribusiness Management Review. – 1998. – Vol. 1 (4). – Pp. 451–463.
11. Baker G.A., Crosbie P.J. Consumer Preferences for Food Safety Attributes: A Market Segment Approach // Agribusiness: An International Journal. – 1994. – Vol. 10, № 4. – Pp. 319–324.
12. Biryukova T.V., Surkova N.V., Ashmarina T.I. Consumer Activity Evaluation in Relation to the Purchase of Food Products of a Certain Regional Affiliation // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. – 2021. – Vol. 650. – Art. 012021. DOI: 10.1088/1755-1315/650/1/012021.
13. Biryukova T.V., Surkova N.V., Konopleva Z.V., Sadykova Z.F., Ashmarina T.I. Transformation of Consumption Demand for Meat and Meat Products as an Important Aspect of Agricultural Development // In: Bogoviz A.V. (ed.). The Challenge of Sustainability in Agricultural Systems. Lecture Notes in Networks and Systems. – Springer, Cham., 2021. – Vol. 205. – Pp. 633–639. DOI: 10.1007/978-3-030-73097-0_71.
14. Bretton-Clark. Conjoint Analyzer, version 3 (software). – Bretton-Clark, Morristown: NJ, 1992.
15. Boxall P.C., Adamowicz W.L. Understanding Heterogeneous Preferences in Random Utility Models: A Latent Class Approach // Environ. Resour. Econ. – 2002. – Vol. 23, № 4. – Pp. 421–446.

16. Bruhn C.M. Consumer and Retailer Satisfaction with the Quality and Size of California Peaches and Nectarines // *Journal of Food Quality*. – 1995. – Vol. 18, № 3. – Pp. 241–256.

17. Campbell B.L., Nelson R.G., Ebel R.C., Dozier W.A., Adrian J.L. Hockema, B.R. Fruit Quality Characteristics that Affect Consumer Preferences for Satsuma Mandarins // *HortScience*. – 2004. – Vol. 39. – Pp. 1664–1669.

ANALYSIS OF CONSUMER PREFERENCES IN THE FOOD MARKET OF THE RUSSIAN FEDERATION

T.V. BIRYUKOVA, T.I. ASHMARINA, N.A. YAGUDAEVA,
E.V. ENKINA, A.N. LOSEV, D.L. KUSHNAREVA

(Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy)

The current conditions of globalization processes have significantly changed consumer behavior in relation to the purchase and consumption of food. This situation encourages market participants to seriously change their approaches to working with consumers, which should be based on the study of consumer preferences. At present, this transformation is of particular interest in the main markets, including the market of meat and meat products. This article attempts to study changes in consumer preferences for meat and meat products in modern conditions of market transformation. Special attention is focused on such a parameter as product quality. In the course of the study, a method of evaluating the consumer's decision to purchase meat and meat products was proposed, taking into account the main factors of choice. The survey was conducted in a number of cities of the Russian Federation. During the study it was found out that the concept of product quality is an important aspect in the choice of meat and meat products, although in modern conditions the consumer has begun to pay more and more attention to many criteria of product evaluation before the purchase. The relationship between the income level and the number of significant parameters characterizing the quality of the product is noted. The study also examines the main risk parameters of consumption of meat and meat products by end consumers. The practical significance of the research lies in the possibility for the companies operating in this market to create successful marketing strategies and to significantly make the manufactured products of the quality necessary for the consumer.

Keywords: segmentation; meat and meat products; food market; meat consumption.

References

1. Ashmarina T.I., Biryukova T.V., Kovaleva E.V. Covid-19 pandemic accelerates digitalization of agricultural activities. *Obrazovanie i pravo*. 2020;11:341–346. (In Russ.) <https://doi.org/10.24411/2076-1503-2020-11153>
2. Biryukova T.V., Enkina E.V., Ashmarina T.I. Strategic planning of agribusiness activities as a basis for the organization competitiveness. *Izvestiya of Timiryazev agricultural academy*. 2021;(1):87–97. (In Russ.) <https://doi.org/10.26897/0021-342X-2021-1-87-97>
3. Ashmarina T.I. Analysis of sustainable economic development agricultural activities. *Izvestiya Mezhdunarodnoy akademii agrarnogo obrazovaniya*. 2015;23:31–35. (In Russ.)
4. Biryukova T.V. The main aspects of the development of marketing strategies as an element of competitiveness of agribusiness organizations. *Izvestiya Mezhdunarodnoy akademii agrarnogo obrazovaniya*. 2019;45:119–122. (In Russ.)
5. Biryukova T.V. Organic products: the main prospects for the development of consumer preferences. *Obrazovanie i pravo*. 2020;4:409–412. (In Russ.) <https://doi.org/10.24411/2076-1503-2020-10463>

6. Ashmarina T.I., Biryukova T.V., Sergeyeva N.V., Romanov A.N. Innovation in Mushroom Production. In: Bogoviz A.V. (Ed.). *The Challenge of Sustainability in Agricultural Systems. Lecture Notes in Networks and Systems*, vol. 206. Springer, Cham., 2021:1069–1078. https://doi.org/10.1007/978-3-030-72110-7_118
7. Biryukova T.V., Konopleva Z.V. Application of marketing techniques to promote products by agricultural enterprises in the conditions of development of the digital economy. *International Scientific Journal*. 2018;2:33–42. (In Russ.)
8. Volodina N.G., Guziy S.V. et al. *Marketing in the agro-industrial sector: a textbook and practical course*. Ed. by N.V. Surkova. 1st ed. Moscow, Russia: Yurayt, 2017:314. (In Russ.)
9. Adalja A., Hanson J., Towe C., Tselepidakis E. An Examination of Consumer Willingness to Pay for Local Products. *Agr. Resour. Econ. Rev.* 2015;44(3):253–274. <https://doi.org/https://doi.org/10.1017/S1068280500005050>
10. Baker G.A. Strategic Implications of Consumer Food Safety Preferences: Consumer Concerns and Willingness-to-Pay. *International Food and Agribusiness Management Review*. 1998;1(4):451–463. <https://doi.org/10.22004/ag.econ.34551>
11. Baker G.A., Crosbie P.J. Consumer Preferences for Food Safety Attributes: A Market Segment Approach. *Agribusiness: An International Journal*. 1994;10(4):319–324. <https://doi.org/10.22004/ag.econ.30876>
12. Biryukova T.V., Surkova N.V., Ashmarina T.I. Consumer Activity Evaluation in Relation to the Purchase of Food Products of a Certain Regional Affiliation. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 2021;650:012021. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/650/1/012021>
13. Biryukova T.V., Surkova N.V., Konopleva Z.V., Sadykova Z.F., Ashmarina T.I. Transformation of Consumption Demand for Meat and Meat Products as an Important Aspect of Agricultural Development. In: Bogoviz A.V. (Ed.). *The Challenge of Sustainability in Agricultural Systems. Lecture Notes in Networks and Systems*, vol. 205. Springer, Cham., 2021:633–639. https://doi.org/10.1007/978-3-030-73097-0_71
14. Bretton-Clark. Conjoint Analyzer, version 3 (software). Bretton-Clark, Morristown: NJ, 1992.
15. Boxall P.C., Adamowicz W.L. Understanding Heterogeneous Preferences in Random Utility Models: A Latent Class Approach. *Environ. Resour. Econ.* 2002;23(4):421–446. <https://doi.org/10.1023/A:1021351721619>
16. Bruhn C.M. Consumer and Retailer Satisfaction with the Quality and Size of California Peaches and Nectarines. *Journal of Food Quality*. 1995;18(3):241–256. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4557.1995.tb00378.x>
17. Campbell B.L., Nelson R.G., Ebel R.C., Dozier W.A., Adrian J.L. Hockema, B.R. Fruit Quality Characteristics that Affect Consumer Preferences for Satsuma Mandarins. *HortScience*. 2004;39:1664–1669.

Сведения об авторах

Бирюкова Татьяна Владимировна, кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры организации производства, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: tbiryukova@rgau-msha.ru; тел.: (499) 976–08–35

Ашмарина Татьяна Игоревна, кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры экономики, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА

имени К.А. Тимирязева»; 127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: ashmarina@rgau-msha.ru; тел.: (499) 976–08–35

Ягудаева Наталья Алексеевна, канд. экон. наук, доцент, доцент кафедры экономики, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: n.yagudaeva@rgau-msha.ru; тел.: (499) 976–08–35

Энкина Екатерина Владимировна, кандидат экономических наук, доцент кафедры политической экономии и мировой экономики, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: eenkina@rgau-msha.ru; тел.: (499) 976–28–21

Лосев Алексей Николаевич, старший преподаватель кафедры прикладной информатики, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: losev@rgau-msha.ru; тел.: (499) 976–20–79

Кушнарева Дарья Леонидовна, кандидат технических наук, доцент кафедры инженерной и компьютерной графики, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: d.kushnareva@rgau-msha.ru; тел.: (499) 976–20–79

Information about authors

Tatiana V. Biryukova, CSc (Econ), Associate Professor, Associate Professor at the Department of Production Organization, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation); phone: (499) 976–08–35; e-mail: tbiryukova@rgau-msha.ru

Tatyana I. Ashmarina, CSc (Econ), Associate Professor, Associate Professor at the Department of Economics, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation); phone: (499) 976–08–35; e-mail: ashmarina@rgau-msha.ru

Natalya A. Yagudaeva, CSc (Econ), Associate Professor, Associate Professor at the Department of Economics, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation); phone: (499) 976–08–35; e-mail: n.yagudaeva@rgau-msha.ru

Ekaterina V. Enkina, CSc (Econ), Associate Professor at the Department of Political Economy and World Economy, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation); phone: (499) 976–28–21; e-mail: eenkina@rgau-msha.ru

Aleksey N. Losev, Senior Lecturer at the Department of Applied Informatics, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation); phone: (499) 976–20–79; e-mail: losev@rgau-msha.ru

Daria L. Kushnareva, CSc (Tech), Associate Professor at the Department of Engineering and Computer Graphics, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation); phone: (499) 976–20–79; e-mail: d.kushnareva@rgau-msha.ru

РАЗВИТИЕ АГРОБИЗНЕСА В САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ: ПЕРСПЕКТИВЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ФЕРМЕРСКИХ ХОЗЯЙСТВ

Е.А. КАТКОВА, Я.Е. РУСАКОВ, Ю.Н. КАТКОВ

(Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева)

Рассмотрена краткая характеристика государственной программы «Развитие сельского хозяйства и регулирование рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия в Саратовской области», на основании которой выделены актуальные направления повышения экономической устойчивости фермерских хозяйств в краткосрочной и долгосрочной перспективе. Дана оценка микро- и макроокружения агропромышленного комплекса, а также проанализированы мероприятия для реализации задач экономического развития агробизнеса региона. Предложены рекомендации по повышению эффективности муниципальной политики и устранению выявленных недостатков, среди которых стоит выделить агрострахование и реализацию EGS-принципов.

Ключевые слова: агробизнес, сельское хозяйство, фермерское хозяйство, экономическая устойчивость, агрострахование, EGS-концепция.

Введение

Недавний опыт разрушительного воздействия пандемии коронавируса на мировую экономику, коснувшийся каждого хозяйственного сектора, доказал высокую степень актуальности обеспечения устойчивости развития базовых отраслей, одной из которых является агробизнес. В пользу повышения роли аграрной промышленности в качестве гаранта обеспечения национальной продовольственной безопасности также свидетельствуют введение санкций со стороны США и Европы и общая макроэкономическая нестабильность. Грамотное видение развития агробизнеса в современных экономических условиях позволяет не только снизить негативное воздействие отрицательных факторов внешней среды, но и обеспечить рост эффективности и развитие как отдельных субъектов хозяйствования, так и экономики страны в целом.

На агропромышленную отрасль Саратовской области приходится 14,5% валового регионального продукта (ВРП) региона, что в 3 раза больше среднероссийского показателя. Это один из крупнейших агропромышленных регионов, который занимает 8-е место в России по объемам выпуска сельскохозяйственной продукции, специализируясь на зерно-хлебопродуктовом, мясном и молочном производстве[□]. Особенностью Саратовской области является высокая доля фермерских хозяйств в структуре агробизнеса, занимающих 30% в совокупном объеме сельскохозяйственной продукции и играющих важную роль в обеспечении населения продовольствием, производстве сырья для ряда смежных отраслей, создании рабочих мест и повышении уровня жизни сельского населения, реализации импортозамещения [1]. Таким образом, вышесказанное подтверждает высокую степень актуальности данной темы исследований.

Цель исследований: провести анализ развития агропромышленного бизнеса в Саратовской области и выявить перспективы повышения экономической устойчивости фермерских хозяйств в регионе.

Материал и методы исследований

Статья написана с применением общих и специализированных методов, используемых при исследованиях экономической направленности. Теоретические методы, к которым относятся изучение и анализ нормативно-правовых актов, научных и учебных изданий по агропромышленной отрасли, публикаций, статистических обзоров и прочих документов в области агробизнеса, позволили собрать и систематизировать материал о состоянии отрасли в Саратовской области, в частности, фермерских хозяйств, позволивший получить объективное представление о проблемах и направлениях развития АПК региона.

Кроме теоретических, были использованы эмпирические методы, а именно SWOT-анализ – метод стратегического планирования и статистический анализ данных. SWOT-анализ позволил увидеть сильные и слабые стороны агробизнеса Саратовской области, выявить его возможности и угрозы, с которыми сталкивается сектор на современном этапе развития. Статистический анализ позволил выявить основные тенденции агрокомплекса региона, что стало доказательной базой перспектив его развития и рекомендаций по повышению экономической устойчивости.

Результаты и их обсуждение

В условиях усиления международных санкций обеспечение продовольственной безопасности как на региональном уровне, так в целом по стране, возможно только на основе импортозамещения и развития растениеводства при государственной поддержке [1].

Главные аспекты развития агробизнеса в России регламентируются Стратегией развития агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов Российской Федерации на период до 2030 года от 8 сентября 2022 г. № 2557-р, согласно которым главными задачами в данной области являются:

- устойчивый рост аграрной промышленности и рыбного хозяйства;
- формирование национальной селекционной отрасли селекции;
- рост численности сельского населения;
- увеличение производственной инвестиционной активности;
- рост добавленной стоимости;
- формирование продовольственной безопасности государства;
- обеспечение импортозамещения основных видов агропромышленной продукции;
- эффективное использование земель сельскохозяйственного назначения;
- расширение экспорта агропромышленной продукции;
- цифровая трансформация агробизнеса.

Развитие агропромышленного комплекса в Саратовской области относится к региональному уровню и строится на системе нормативных актов, принимаемых на основе федеральных законов, среди которых стоит выделить государственную программу «Развитие сельского хозяйства и регулирование рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия в Саратовской области» от 29 декабря 2018 г. № 750-П¹, а также Программу социально-экономического развития Саратовской области на 2022–2024 гг. от 19 июля 2022 г. № 624-П².

¹ Стратегия развития агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов Российской Федерации на период до 2030 года: Распоряжение Правительства Российской Федерации от 8 сентября 2022 года № 2567-р // СПС «Гарант». URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/405172287/?ysclid=m2zus14pmp162150216>.

² О Программе социально-экономического развития Саратовской области на 2022-2024 годы: Постановление Правительства Саратовской области от 19 июля 2022 г. № 624-П // СПС «Гарант». URL: <https://www.garant.ru/hotlaw/saratov/1558542/?ysclid=m2zwws1lr9206626045>.

Анализ документов стратегического планирования в области развития сельского хозяйства за последние годы позволил определить ключевые факторы прямого и косвенного воздействия, оказывающие влияние на развитие агробизнеса Саратовской области (табл. 1).

Согласно данным таблицы 1 Саратовская область обладает высоким сельскохозяйственным потенциалом в отношении как непосредственно агропромышленного производства, так и необходимых для этого земельных ресурсов. Одним из наиболее масштабных вызовов за последние годы стало санкционное давление, коснувшееся всех отраслей российской экономики, и агробизнес не стал исключением.

Таблица 1

Факторы развития агробизнеса в Саратовской области

	Сильные стороны (S)	Слабые стороны (W)
	1. Высокая доля области в выпуске зерновых и масличных культур, мяса, молока, овощей по стране. 2. Наличие большого количества земель сельхозназначения. 3. Значительный образовательный, научный и инновационный потенциал для подготовки трудовых ресурсов. 4. Выгодное транспортно-географическое положение. 5. Свободные площадки для инвестирования	1. Низкий уровень материально-технической базы и недостаток ассортиментных групп. 2. Низкий уровень инноваций в агропромышленном производстве. 2. Большое количество тарифных и нетарифных барьеров. 4. Кадровый дефицит в продовольственной отрасли и сельском хозяйстве. 5. Расположение в районе земледелия, характеризующегося высокими рисками исчезновения земель сельскохозяйственного назначения. 6. Снижение численности сельского населения
Внутренняя среда	Возможности (O)	Угрозы (Т)
	1. Появление свободных рынков сбыта ввиду роста цен на импортные товары и санкционного закрытия рынков, реализация импортозамещения. 2. Глобальный продовольственный кризис, который повышает спрос на аграрную продукцию. 3. Государственная поддержка агропромышленного комплекса. 4. Усиление межрегиональной кооперации. 5. Реализация инвестиционного потенциала области, уменьшение рисков инвестирования, привлечение стратегически важных инвесторов. 6. Реализация транзитного потенциала области путем формирования транспортно-логистического кластера	1. Исчезновение плодородности почвы, запасов воды, многообразия видов животного и растительного мира области. 2. Технологическая зависимость российского агропромышленного комплекса и зависимость от импортного семенного материала в растениеводстве, племенной продукции в животноводстве, ветеринарии, кормопроизводстве, хранении и переработке сельскохозяйственной продукции. 3. Повышение конкуренции между субъектами страны на трудовом рынке, рынке капиталов, продукции
Внешняя среда		

В первые месяцы усиления санкций на 40% выросла стоимость импортных поставок семян и средств защиты растений, на 30–40% подорожали запчасти для сельхозтехники, а стоимость самой импортной техники увеличилась на 130%. Российские производители сельхозмашин столкнулись с проблемами поставок комплектующих, что привело к удорожанию: культиваторов – на 10–20%, сеялок – на 5–10%, тракторов – на 26%, комбайнов – на 35% [4]. Однако введение новых санкций открыло широкие возможности для продвижения отечественного производства посредством импортозамещения зарубежных товаров и услуг российской продукцией, что при соответствующей государственной поддержке позволило стабилизировать ситуацию в агропромышленной отрасли. Так, в 2023 г. фермерским хозяйствам Саратовской области стали доступны многочисленные субсидии на развитие птицеводства, товаров аквакультуры, растениеводства, производства шерсти, масленичных культур, картофеля и овощей, приобретение племенного молодняка. Кроме того, в области утверждены гранты на развитие семейных ферм и реализацию агростартапов [5].

Данные меры поддержки показали свою эффективность, о чем свидетельствует динамика показателя рентабельности агробизнеса Саратовской области, представленная на рисунке 1.

Согласно данным рисунка 1 с учетом субсидий в 2021 и 2022 гг. фактическая рентабельность агробизнеса области значительно превышала плановые значения. Несмотря на то, что в 2023 г. установленное значение эффективности достигнуто не было, что обусловлено объективными макроэкономическими причинами, ставшими следствием санкций, рентабельность удалось сохранить на уровне предыдущего года. Дальнейшее развитие агробизнеса Саратовской области, в том числе фермерских хозяйств, будет строиться на реализации второго этапа государственной программы № 750-П, охватывающего период с 2024 по 2028 гг. При этом планируется сокращение бюджетного финансирования на 1 млрд руб. [3].

Динамика финансового обеспечения развития агробизнеса в разрезе региональных проектов, способствующих повышению его устойчивости, представлена в таблице 2.

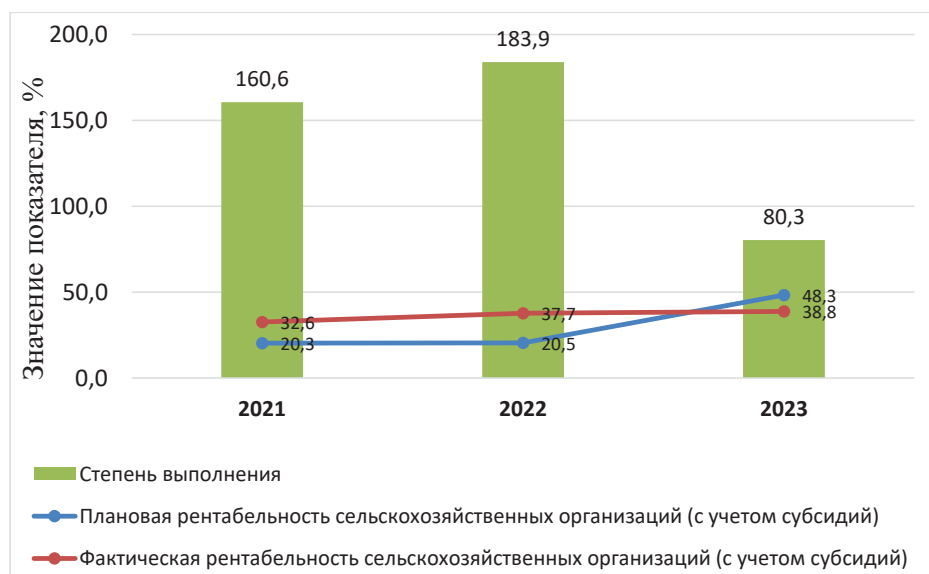


Рис. 1. Показатель рентабельности агробизнеса Саратовской области, % [5]

**Динамика финансового обеспечения развития агробизнеса
в разрезе региональных проектов в 2024–2028 гг., млрд руб. [6]**

Наименование проекта	Годы					Изменения 2028/2024	
	2024	2025	2026	2027	2028	Абс. изм.	Отн. изм.
Развитие отраслей и техническая модернизация агропромышленного комплекса	1,61	1,55	1,61	1,11	1,11	–0,5	–31,06
Стимулирование инвестиционной деятельности в агропромышленном комплексе	0,003	0,002	0,0008	0	0	–0,003	–100
Развитие сельского туризма	0,01	0,005	0,01	0	0	–0,01	–100
Акселерация субъектов малого и среднего предпринимательства	0,1	0	0	0	0	–0,1	–100
Экспорт продукции АПК	0,06	0	0	0	0	–0,06	–100
Обеспечение региональных мероприятий по развитию отраслей АПК	0,71	0,66	0,66	0,66	0,66	–0,05	–7,04
Вовлечение в оборот и комплексная мелиорация земель сельскохозяйственного назначения	0,45	0,62	0,85	0	0	–0,45	–100
Итого	3,01	2,89	3,19	1,77	1,77	–1,24	–41,20

Согласно данным таблицы 2 финансирование развития агробизнеса, начиная с 2027 г., с 3 млрд руб. снизится до постоянной величины, равной 2 млрд руб. Общее снижение финансирования в 2030 г. по сравнению с 2024 г. составит 41,2%, а его объем за 7 лет превысит 16 млрд руб. Более 50% финансовых ресурсов (в среднем 1,32 млрд руб. ежегодно) предполагается потратить на стимулирование отдельных сегментов АПК и его техническое перевооружение. Другая часть средств бюджета разделена на мероприятия по акселерации малого и среднего предпринимательства, ввод в работу новых земель и совершенствование системы их мелиорации и др. Отсюда можно сделать вывод о том, что основными инструментами обеспечения устойчивости фермерских хозяйств в будущем станут обновление материально-технической базы и взаимообусловленный процесс повышения инвестиционной активности путем стимулирования спроса на агропродукцию.

Снижение объемов финансирования вызывает некоторые опасения, что в перспективе может привести к дефициту финансовых ресурсов у фермерских хозяйств. Несмотря на рост рентабельности агропромышленного комплекса в последние годы, пик которого пришелся на 2021 г. (25%), в 2022–2023 гг. рентабельность снизилась до уровня 19% с учетом субсидий. Без поддержки государства эффективность агропромышленного комплекса составила только 15,5%, и по прогнозу заместителя министра сельского хозяйства Е.В. Фастовой, по причине большого количества рисков для сельского хозяйства увеличение его рентабельности в ближайшее время не ожидается [7]. В связи с этим урезание финансирования в дальнейшем может только усугубить ситуацию.

Кроме того, много вопросов вызывает доступность применяемых мер поддержки сельского хозяйства. Это находит выражение в их неравномерном влиянии на производство и устойчивость сельскохозяйственных предприятий разных типов, форм собственности и размеров. В частности, многие сельхозпроизводители сталкиваются с неравномерным распределением финансовых ресурсов между субъектами бизнеса. Использование общих механизмов поддержки приводит к неравному положению многих малых и средних предприятий, к которым относятся большинство фермерских хозяйств и крупный агробизнес, имеющий несопоставимо более значительные возможности и конкурентные преимущества. Поэтому одним из наиболее важных инструментов сохранения устойчивости фермерских хозяйств в будущем является реализация индивидуального подхода государственной поддержки малого и среднего предпринимательства, учитывающей актуальные проблемы данного сектора агробизнеса и способной оказать оперативную адресную помощь в случае ухудшения конъюнктуры рынка сельского хозяйства.

Исходя из проведенного анализа микро- и макросреды, направления развития агропромышленного комплекса Саратовской области можно представить в виде схемы (рис. 2).

Согласно данным рисунка 2 направления повышения финансовой устойчивости фермерских хозяйств области детализируются на ключевые ориентиры, среди которых стоит выделить обеспечение продовольственной безопасности, расширение экспорта продукции агрокомплекса, рост отраслей животноводства и растениеводства, продовольственной промышленности и др., и дополнительные мероприятия по развитию мелиоративно-хозяйственной системы.

Главные намерения и дополнительные мероприятия формируют краткосрочные перспективы роста агробизнеса области, которые в свою очередь образуют долгосрочное видение по цифровизации агрокомплекса и развитию системы мелиорации в масштабах региона. Индикатором реализации указанных направлений является степень достижения четырех укрупненных целей относительно объемов производства продукции АПК, выпуска пищевых продуктов, величины среднемесячной заработной платы в отрасли и объемов экспорта АПК.

Стоит отметить, что агробизнес Саратовской области, несмотря на неблагоприятные макроэкономические условия, имеет определенную стабильность экономического роста, что подтверждается рассмотренными ранее показателями эффективности, а также обладает хорошим потенциалом для дальнейшего укрепления финансовой устойчивости. Региональная стратегия развития сельского хозяйства отличается комплексным подходом, охватывающим наиболее значимые направления и инструменты развития отрасли – такие, как модернизация техники и оборудования сельхозотрасли, развитие сельского туризма, расширение экспорта агропродукции, повышение инвестиционной активности и др. Однако более подробно остановимся на двух, наиболее актуальных в настоящее время способах повышения стабильности деятельности субъектов агробизнеса, имеющих особое значение для фермерских хозяйств, а именно на агростраховании и реализации EGS-концепции.

В настоящее время рынок аграрного страхования России динамично развивается, рост его достигает 30%. Перспективной программой в данной отрасли страхования выступает программа на случай чрезвычайных ситуаций (ЧС) природного характера, которая начала действовать в 2022 г. Несмотря на то, что ее полный цикл еще не завершен, по мнению экспертов, она стала эффективным элементом общей системы страхования агрорисков, оказавшись особенно интересной для агрохозяйств, которые осуществляют деятельность в регионах с неблагоприятными климатическими условиями [8]. Это особенно важно для Саратовской области, расположенной в зоне рискованного земледелия, причиной которого является повышенная засушливость климата.

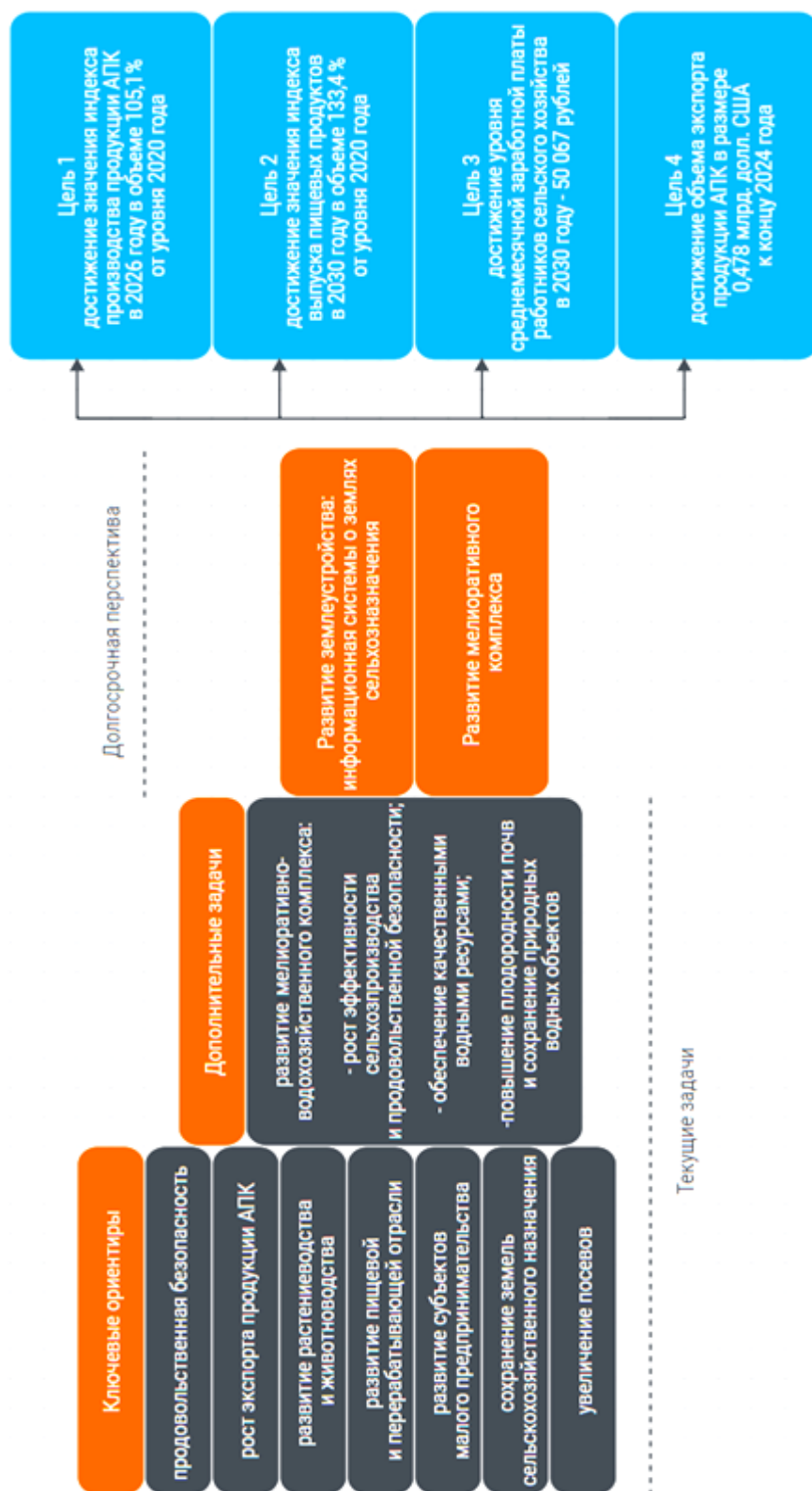


Рис. 2. Направления развития фермерских хозяйств Саратовской области [6]

Программа не только позволила удешевить страхование, но и предоставила возможность получать возмещение убытков по упрощенной схеме в ускоренные сроки. Единственным фактором, тормозящим ее развитие, является недостаточная распространенность института агрострахования в России по причине слабой информированности участников АПК о видах страхования, недоверия потенциальных страхователей и нежелания страховщиков брать на себя высокие сельхозриски, страхование которых невозможно без государственного софинансирования. Так, в России застраховано только 40% гол. скота и только 5% растениеводческих хозяйств. При этом европейский рынок страхования характеризуется 20–50%-ным охватом площадей агробизнеса. Однако агрострахование во многих европейских странах является единственным видом государственной субсидии. В связи с этим первоочередной задачей на краткосрочную и долгосрочную перспективу страховых организаций в совокупности с профильными ведомствами, Минсельхозом России и Центральным банком выступает популяризация агрострахования путем формирования осознанного понимания его необходимости для снижения рисков агропромышленного комплекса страны. Как отмечают эксперты в области страхования, работа с малыми формами хозяйств является для страховщиков в настоящее время стратегически важным приоритетом. Конкретным мероприятием в данной области, по словам замминистра сельского хозяйства России, станет более тесное взаимодействие с регионами в отношении качества страхования, на основании которого будет сформирован внутренний рейтинг страховых организаций для оценки их работы. Задачей к 2030 г. является охват страхованием 30% площадей [8].

В качестве другого инструмента обеспечения финансовых гарантий в экономической деятельности выступает реализация EGS-концепции. Распространение EGS-принципов ведения бизнеса предполагает соответствие компаний определенному набору стандартов в области экологии (Environment), социальной политики (Social) и корпоративного управления (Governance), что дает бизнесу определенные конкурентные преимущества. С учетом точки зрения аналитиков Россельхозбанка относительно того, что EGS-подход будет главным условием развития российского АПК в долгосрочной перспективе, последние несколько лет стал существенно заметным интерес потребителей к безопасным и экологически чистым продуктам. Следовательно, EGS-принципы становятся перспективным инструментом в управлении и прогнозировании покупательского спроса. Например, за натуральные или органические продукты готовы платить более высокую стоимость 75% потенциальных покупателей. Практически такая же их доля (73%) выразила готовность поменять свои потребительские привычки, если это поможет снизить вред экологии и обществу [9].

Кроме того, те сельскохозяйственные производители, которые нацелены на соблюдение ESG-принципов, получают значительные преимущества в получении государственных льгот и субсидий, предоставляемых субъектам бизнеса за разработку технологий, снижающих нагрузку на окружающую среду. Инвестирование в реализацию EGS-концепции увеличивается быстрее традиционного. Общая величина активов, управление которыми осуществляется на основе EGS-принципов, с 2006 по 2020 гг. возросла в 16 раз. С 2017 г. выпуск EGS-облигаций увеличился в 34 раза, EGS-кредитование – на 70%. Доля агропромышленного комплекса в EGS-кредитовании составила 5%, и в перспективе предполагается, что 77% институциональных инвесторов будут отказываться приобретать ценные бумаги организаций, которые не соблюдают EGS-принципы [10]. В России EGS-подход только начинает распространяться, но уже сейчас растет число инвесторов, которые отказываются вкладывать средства в компании, пренебрегающие экологическим подходом

в производстве. Также можно говорить о снижении к ним лояльности у клиентов. В связи с этим популяризация EGS-подхода на местах не только станет источником дополнительных инвестиционных ресурсов, но и изменит отношение предпринимателей к ведению бизнеса в целом, сформировав более осознанное отношение к элементам EGS – в частности, к вопросам экологии.

Еще одним косвенным преимуществом EGS-подхода являются мероприятия коммерческих банков по разработке EGS-банкинга, заключающегося в использовании автоматизированных информационных систем для оценки соответствия потенциального заемщика стандартам EGS. Это связано с тем, что банками предусматривается льготное кредитование субъектов бизнеса, разделяющих экологические и другие принципы, поэтому у кредитных учреждений существует необходимость в оперативном и точном анализе выполнения клиентом, в том числе, экологических норм, который возможен только с использованием информационных технологий.

В дальнейшем база данных EGS-банкинга посредством формирования согласованной работы профильных ведомств сельского хозяйства с филиалами банков может использоваться органами власти для выполнения задач агропромышленной политики. Платформа же EGS-банкинга обладает перспективой лечь в основу единой государственной информационной системы, содержащей актуальные данные об агропромышленном комплексе каждого региона. Например, это поможет в создании цифровых карт, частным случаем которых из множества возможных является цифровая карта состояния почв, позволяющая вносить удобрения там, где они действительно требуются, и как следствие – определять необходимость выделения средств на их покупку [11]. При этом достоверность информации и ее своевременное обновление будут обеспечиваться заинтересованностью банков в точности кредитной оценки своих клиентов, которая напрямую влияет на уровень операционных рисков.

Выводы

В заключение отметим, что Саратовская область занимает значительную долю в производстве агропродукции страны и выступает важным элементом обеспечения продовольственной безопасности на государственном уровне. Приоритетными направлениями развития и повышения финансовой устойчивости агропромышленного комплекса региона, треть которого составляют фермерские хозяйства, согласно утвержденной стратегии на 2024–2030 гг. станут расширение экспорта продукции агрокомплекса, рост отраслей животноводства и растениеводства, продовольственной промышленности, сохранение сельхозземель, рост объема посевов, обеспечение качественными природными ресурсами, повышение плодородности и сохранение природных водных объектов, цифровая трансформация сельского хозяйства.

Перечисленные векторы свидетельствуют о всесторонней поддержке отрасли, но на фоне снижения рентабельности агропромышленного комплекса, наблюдавшегося в 2022–2023 гг., и неутешительного прогноза Минсельхоза в отношении дальнейшего роста эффективности вызывает опасение урезание финансирования АПК. Согласно прогнозу финансового обеспечения отрасли, объем бюджетных средств планируется постепенно сокращать, что может усугубить ситуацию и существенно затормозить рост сектора. В особую группу риска попадают именно фермерские хозяйства, которым на фоне дефицита средств будет сложно конкурировать за государственные субсидии с крупными сельхозпроизводителями.

Среди перспективных инструментов, способных снизить риск недостатка финансовых ресурсов в сфере устойчивого развития АПК, можно выделить

популяризацию агрострахования и распространение EGS-принципов ведения бизнеса. При этом агрострахование приобретает особую актуальность для Саратовской области, расположенной в зоне рискованного земледелия, причиной которого является повышенная засушливость климата. Реализация же EGS-принципов становится одним из способов управления потребительским спросом, аккумулирования инвестиционных ресурсов и содействия цифровой трансформации агропромышленной отрасли, что напрямую влияет на устойчивость ее субъектов.

Библиографический список

1. Минаков И.А. Перспективы импортозамещения на региональном агропродовольственном рынке // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2017. – № 1. – С. 98–105. EDN: ZDWQAX.
2. Волков Г.А., Багаутдинова С.Р., Бандорин Л.Е. и др. Земельное право России: Учебник. – М.: Проспект, 2024. – 680 с. EDN: TXSPUI.
3. Посевная в условиях санкций: для саратовских аграриев дорожает все, кроме топлива // Бизнес-вектор. – 2022. – 16 марта. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.business-vector.info/posevnaya-v-usloviyah-sankcij-139033/> (дата обращения: 18.08.2024).
4. Развитие сельского хозяйства и регулирование рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия в Саратовской области: Государственная программа Саратовской области: утв. постановлением Правительства Саратовской области от 29 декабря 2018 г. № 750-П.
5. Рентабельность сельского хозяйства вряд ли вырастет – Минсельхоз // Agrobook.ru. – 2024. – 7 февраля. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://agrobook.ru/blog/user/admin/rentabelnost-selskogo-hozyaystva-upalanie-podnimetsya-minselhoz-top-agrobook> (дата обращения: 18.08.2024).
6. Страхование – естественный инструмент развития агропромышленного сектора страны // Коммерсантъ. – 2022. – 16 ноября. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.kommersant.ru/doc/5667946> (дата обращения: 18.08.2024).
7. Курченков В.В., Конева Д.А., Фетисова О.В. ESG-принципы как инструмент комплексного устойчивого развития сельских территорий // Вестник Волгоградского государственного университета. Экономика. – 2022. – Т. 24, № 3. – С. 128–137. <https://doi.org/10.15688/ek.jvolsu.2022.3.10>
8. Эксперты: ESG-подход станет основным фактором развития АПК в России в перспективе пяти лет // Информационное агентство ТАСС. – 2021. – 31 мая. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://tass.ru/ekonomika/11512943> (дата обращения: 18.08.2024).
9. Подходы к ESG-трансформации в аграрной и пищевой промышленности // Strategy Partners. – 2022. – 9 февраля. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://strategy.ru/research/expert/56> (дата обращения: 18.08.2024).
10. Чулюков А.Д., Воротников А.М. Продвижение и реализация концепции ESG – важная задача в деятельности GR-структур // Россия: тенденции и перспективы развития. – М.: Институт научной информации по общественным наукам РАН, 2022. – С. 356–361. EDN: FANYHW.
11. Русаков Я.Е. Исследование состояния основных тенденций развития АПК Саратовской области // Вызовы современности и стратегии развития общества в условиях новой реальности: Сборник материалов XXII Международной научно-практической конференции. – М.: АЛЕФ, 2023. – С. 376–380. EDN: TUCVMH.

AGRIBUSINESS DEVELOPMENT IN THE SARATOV REGION: PROSPECTS FOR IMPROVING THE ECONOMIC SUSTAINABILITY OF FARMS

E.A. KATKOVA, Y.E. RUSAKOV, YU.N. KATKOV

(Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy)

The article briefly reviews the state program 'Development of Agriculture and Regulation of Agricultural Products, Raw Materials and Food in the Saratov Region', on the basis of which current trends for improving the economic sustainability of farms in the short and long term are highlighted. It assesses the micro and macro environment of the agro-industrial sector and analyses the measures taken to implement the tasks of economic development of the agro-industrial sector in the region. Recommendations are made to improve the effectiveness of the municipal policy and to eliminate the identified shortcomings, among which agricultural insurance and the implementation of the EGS principles should be highlighted.

Keywords: agribusiness, agriculture, farming, economic sustainability, agricultural insurance, EGS-concept.

References

1. Minakov I.A. Prospects of import substitution at the regional agro-food market. *The Bulletin of the Michurinsk State Agrarian University*. 2017;1:98–105. (In Russ.)
2. Volkov G.A. Bagautdinova S.R., Bendorin L.E., Vorontsova A.A. et al. *Russian Land Law: a textbook for students, bachelors, undergraduates, postgraduates and teachers of law faculties and universities*. Moscow, Russia: Prospect, 2024:680. (in Russ.)
3. Sowing under sanctions: everything is getting more expensive for Saratov farmers except fuel. *Biznes-vektor*. (In Russ.) URL: <https://yandex.ru/turbo/business-vector.info/s/posevnaya-v-usloviyah-sankcij-139033> (accessed: August 18, 2024)
4. The State program of the Saratov Region 'Development of Agriculture and Regulation of Agricultural Products, Raw Materials and Food Markets in the Saratov Region'. Approved by the decree of the Government of the Saratov Region dated December 29, 2018 No. 750-P. (in Russ.)
5. Profitability of agriculture is unlikely to grow – Ministry of Agriculture. *Agrobook.ru*. (In Russ.) URL: <https://agrobook.ru/blog/user/admin/rentabelnost-selskogo-hozyaystva-upala-i-ne-podnimetsya-minselhoz-top-agrobook?ysclid=m0j9mwfd-kk501944977> (accessed: August 18, 2024)
6. Insurance is a natural tool for the development of the country's agro-industrial sector. *Kommersant*". (In Russ.) URL: <https://kommersant.ru.turbopages.org/kommersant.ru/s/doc/5667946> (accessed: August 18, 2024)
7. Kurchenkov V.V., Koneva D.A., Fetisova O.V. ESG-Principles as a tool for integrated sustainable development of rural areas. *Journal of Volgograd State University. Economics*. 2022;24(3):128–137. (in Russ.) <https://doi.org/10.15688/ek.jvolsu.2022.3.10>
8. Experts: The ESG approach will become the main factor in the development of agriculture in Russia in the next five years. *Informatsionnoe agentstvo TASS*. (In Russ.) URL: <https://tass.ru.turbopages.org/turbo/tass.ru/s/ekonomika/11512943> (accessed: August 18, 2024)
9. Approaches to ESG transformation in the agricultural and food industry. *Strategy Partners*. (In Russ.) URL: <https://strategy.ru/research/expert/56> (accessed: August 18, 2024)

10. Chulyukov A.D., Vorotnikov A.M. Promotion and implementation of the ESG concept is an important task in the activities of GR structures. *XIII Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya 'Rossiya: tendentsii i perspektivy razvitiya'.* Kursk, June 03–04, 2022. Moscow, Russia: Institute for Scientific Information on Social Sciences, 2022:356–361. (In Russ.)

11. Rusakov Ya.E. Research on the state of the main trends in the development of the agro-industrial sector of the Saratov Region. *XXII Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya 'Vyzovy sovremennosti i strategii razvitiya obshchestva v usloviyakh novoy realnosti'.* December 15, 2023. Moscow, Russia: ALEF, 2023:376–380. (In Russ.)

Сведения об авторах

Каткова Екатерина Алексеевна, канд. экон. наук, доцент кафедры экономической безопасности и права, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А.Тимирязева»; 127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: e.katkova@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0001-8275-7098>

Русаков Ярослав Евгеньевич, ассистент кафедры экономической безопасности и права, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А.Тимирязева»; 127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: y.rusakov@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0009-0005-4129-2809>

Катков Юрий Николаевич, канд. экон. наук, доцент кафедры экономической безопасности и права, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А.Тимирязева»; 127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: katkov-yuriy@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0001-5258-1343>

Information about the authors

Ekaterina A. Katkova, CSc (Econ), Associate Professor at the Department of Economic Security and Law, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation); e-mail: e.katkova@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0001-8275-7098>

Yaroslav E. Rusakov, Assistant at the Department of Economic Security and Law, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation); e-mail: y.rusakov@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0009-0005-4129-2809>

Yuriy N. Katkov, CSc (Econ), Associate Professor at the Department of Economic Security and Law, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation); e-mail: katkov-yuriy@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0001-5258-1343>

СОДЕРЖАНИЕ

УЧЕНЫЕ ТИМИРЯЗЕВКИ

Черятова Ю.С. К 70-летию профессора Олега Алексеевича Коровкина	5
---	---

АГРОХИМИЯ, ПОЧВОВЕДЕНИЕ, ЭКОЛОГИЯ

Прохоров А.А., Борисов Б.А., Ефимов О.Е., Каценко Г.А., Петров В.Н. Использование Google Earth Engine для решения задач агроэкологической оценки земель на примере агроландшафтов Мостовского района Краснодарского края	12
--	----

БОТАНИКА, ПЛОДОВОДСТВО

Нигматзянов Р.А., Куклина А.Г., Сорокопудов В.Н. Перспективы селекции смородины золотистой (<i>Ribes aureum</i> Pursh) на качественное улучшение плодов	22
Трусов Н.А., Соломонова Е.В., Савинов И.А. Морфолого-анатомические и размерно-весовые характеристики, накопление сухого вещества в фруктификациях тисов (<i>Taxus</i> L.), интродуцированных в Московской области	35
Нигматзянов Р.А., Сорокопудов В.Н. Качественная оценка гибридных форм смородины черной (<i>Ribes nigrum</i> L.) башкирской селекции	52

ГЕНЕТИКА, БИОТЕХНОЛОГИЯ, СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО

Вишнякова А.В., Мартиросян А.З., Кобяшова А.Д., Монахос С.Г. Влияние экзогенных фитогормонов на развитие семязачатков при гибридизации <i>Solanum lycopersicum</i> и <i>Solanum sisymbriifolium</i>	64
---	----

ЗЕМЛЕДЕЛИЕ, РАСТЕНИЕВОДСТВО, ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ

Арженовская Ю.Б., Кувшинова Е.К. Особенности применения биоорганических удобрений на безлисточковых сортах гороха посевного	75
Виноградова В.С., Бородий С.А., Голоктионов И.И., Каратаева О.Г. Ростовая модель прогноза продуктивности <i>Triticum aestivum</i> L. сорта Любава на фоне предпосевной обработки семян и некорневой подкормки гуминовым комплексом «Экобиосфера Б»	90

ЗООТЕХНИКА, БИОЛОГИЯ И ВЕТЕРИНАРНАЯ МЕДИЦИНА

Амерханов Х.А., Жирков А.Д., Филиппова Н.П., Мордовской Н.Н., Адушинова А.Н. Адаптация высокопродуктивного племенного крупного рогатого скота, завезенного из регионов Российской Федерации, в условиях Якутии	108
Афанасьева А.И., Сарычев В.А., Лаптев Г.Ю., Йылдырым Е.А., Ильина Л.А. Микробиом рубца и молочная продуктивность коров при использовании ферментно-пробиотической кормовой добавки «Профорт»	118
Иванов Е.В., Капустин А.В., Авдеевская Н.Н. Оценка влияния вакцинации на качество молока коров	131
Никитин С.В., Князев С.П., Запорожец В.И., Корицунова Е.В., Шатохин К.С., Ермолаев В.И. Возрастная динамика многоплодия мини-свиней ИЦИГ СО РАН и ее связь с белой мастью	141
Пронина Г.И., Жигин А.В., Жогин И.М., Короченский И.А. Опыт выращивания дафнии магна на основе хлореллы в емкостях с малым объемом стоячей воды	162
Селионова М.И., Юлдашбаев Ю.А., Гладких М.Ю., Чылбак-оол С.О. Генетическое маркирование живой массы овец мясного направления продуктивности в раннем возрасте	171

ЭКОНОМИКА

Бирюкова Т.В., Ашмарина Т.И., Ягудеева Н.А., Энкина Е.В., Лосев А.Н., Кушнарцева Д.Л. Анализ потребительских предпочтений на рынке продуктов питания в РФ	181
Каткова Е.А., Русаков Я.Е., Катков Ю.Н. Развитие агробизнеса в Саратовской области: перспективы повышения экономической устойчивости фермерских хозяйств	191

CONTENTS

SCIENTISTS OF TIMIRYAZEV UNIVERSITY

<i>Cheryatova Yu.S.</i> To the 70 th anniversary of professor Oleg A. Korovkin.....	5
--	---

AGROCHEMISTRY, SOIL SCIENCE AND ECOLOGY

<i>Prokhorov A.A., Borisov B.A., Efimov O.E., Kashchenko G.A., Petrov V.N.</i> Using Google Earth Engine for the purposes of agroecological assessment of lands on the example of agrolandscapes of Mostovskiy district of Krasnodar Krai	12
---	----

BOTANY, POMICULTURE

<i>Nigmatzyanov R.A., Kuklina A.G., Sorokopudov V.N.</i> Prospects of breeding golden currant (<i>Ribes aureum</i> Pursh) for qualitative improvement of fruits	22
<i>Trusov N.A., Solomonova E.V., Savinov I.A.</i> Morphology-anatomical structure, size-weight characteristics, dry matter accumulation in fructifications of <i>Taxus</i> L. introduced in the Moscow region, Russia.....	35
<i>Nigmatzyanov R.A., Sorokopudov V.N.</i> Qualitative assessment of hybrid forms of blackcurrant (<i>Ribes nigrum</i> L.) of Bashkir breeding	52

GENETICS, BIOTECHNOLOGY, SELECTION AND SEED BREEDING

<i>Vishnyakova A.V., Martirosyan A.Z., Kobyashova A.D., Monakhos S.G.</i> Effect of exogenous phytohormones on the ovule development in the hybridization of <i>Solanum lycopersicum</i> and <i>Solanum sisymbriifolium</i>	64
---	----

AGRONOMY, CROP PRODUCTION, PLANT PROTECTION

<i>Arzhenovskaya Yu.B., Kuvshinova E.K.</i> Peculiarities of using bioorganic fertilizers on leafless pea varieties	75
<i>Vinogradova V.S., Borodiy S.A., Goloktionov I.I., Karataeva O.G.</i> Growth model forecasting the productivity of <i>Triticum aestivum</i> L. Lubava on the background of pre-sowing seed treatment and foliar nutrition with the preparation Ecobiosphere B.....	90

LIVESTOCK BREEDING, BIOLOGY AND VETERINARY MEDICINE

<i>Amerkhanov Kh.A., Zhirkov A.D., Filippova N.P., Mordovskoy N.N., Adushinova A.N.</i> Adaptation of high-yielding breeding cattle from the regions of the Russian Federation to the conditions of the Far North (Yakutia).....	108
<i>Afanas'eva A.I., Sarychev V.A., Laptev G.Yu., Yildyrym E.A., Il'ina L.A.</i> Cow rumen microbiome and milk productivity with the Profort enzyme-probiotic feed additive.....	118
<i>Ivanov E.V., Kapustin A.V., Avduevskaya N.N.</i> Evaluation of vaccination effect on cow milk quality.....	131
<i>Nikitin S.V., Knyazev S.P., Zaporozhets V.I., Korshunova E.V., Shatokhin K.S., Ermolaev V.I.</i> Age-related prolificacy dynamics in mini-pigs of ICiG SB RAS and its association with the white coat color.....	141
<i>Pronina G.I., Zhigin A.V., Zhogin I.M., Korochensky I.A.</i> Experience of growing <i>Daphnia magna</i> on the basis of chlorella in small containers with standing water.....	162
<i>Selionova M.I., Yuldashbaev Yu.A., Gladkikh M.Yu., Chylbak-ool S.O.</i> Genetic marking of live weight of meat sheep at an early age	171

ECONOMY

<i>Biryukova T.V., Ashmarina T.I., Yagudaeva N.A., Enkina E.V., Losev A.N., Kushnareva D.L.</i> Analysis of consumer preferences in the food market of the Russian Federation.....	181
<i>Katkova E.A., Rusakov Y.E., Katkov Yu.N.</i> Agribusiness development in the Saratov Region: prospects for improving the economic sustainability of farms.....	191

Журнал «ИЗВЕСТИЯ ТИМИРЯЗЕВСКОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ АКАДЕМИИ»

e-mail: izvtsha@rgau-msha.ru

тел.: (499) 976–07–48

Подписано в печать 28.12.2024 г. Формат 70×100/16 Бумага офсетная
Гарнитура шрифта «Times New Roman» Печать офсетная. 12,8 печ. л.

Тираж 500 экз.

Отпечатано в ООО «ЭйПиСиПублишинг»
127550, г. Москва, Дмитровское ш., д. 45, корп. 1, оф. 8
Тел.: (499) 976–51–84