

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

2

март–апрель

Москва
Издательство РГАУ-МСХА
2023

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. Шувариков**;
д.с.-х.н., профессор, академик РАН **Ю.А. Юлдашбаев**

Редакция

Научный редактор – **Р.А. Мигунов**

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://izvestiia.timacad.ru/jour/manager/files/1603286771_treb_stat.pdf)

Плата с аспирантов за публикацию статей не взимается

ISSN 0021-342X

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

2

March–April

Moscow
Publishing house of Russian Timiryazev State Agrarian University
2023

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. Grikschas**, 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);
Rishat A. Migunov, CSc (Econ), PhD MSU; **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 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 – **Rishat A. Migunov**

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, 2023

© Publishing House of Russian Timiryazev Agrarian University, 2023

ВЛИЯНИЕ УРОВНЯ АЗОТНОГО ПИТАНИЯ
НА УРОЖАЙНОСТЬ И ЭЛЕМЕНТЫ СТРУКТУРЫ УРОЖАЯ
СОРТОВ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ СЕЛЕКЦИИ ФИЦ «НЕМЧИНОВКА»

И.А. ДЕДУШЕВ¹, Л.М. ЕРОШЕНКО¹, В.В. ПЫЛЬНЕВ²

(¹ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр «Немчиновка»;

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

При изучении реакции 10 сортов ярового ячменя селекции ФИЦ «Немчиновка» на повышение обеспеченности азотным питанием установлено положительное влияние азотного удобрения на рост урожайности и основных элементов структуры урожая ячменя. Сорта Надежный, Раушан и Златояр отличались высокой отзывчивостью на более интенсивное азотное питание.

Ключевые слова: яровой ячмень, сорта, азотное питание, урожайность, удобрение

Введение

Яровой ячмень – основная зерновая и продовольственная культура Центрального Нечерноземья. Характерной особенностью ячменя, особенно в условиях изменения климата, является существенная зависимость получаемой урожайности от уровня минерального питания и погодных факторов [1, 3, 5].

Исследованиями доказано, что из минеральных удобрений наибольшее влияние на величину урожая ячменя оказывают азотные формы [7]. Результаты проведенных опытов в большинстве случаев свидетельствуют о высокой эффективности возрастающих доз азотных удобрений, особенно на почвах со сравнительно низким содержанием гумуса и подвижных форм азота [2, 6]. Достоверные различия между вариантами начинают проявляться, начиная с фазы кущения. Улучшение азотного питания ячменя увеличивает кустистость и площадь листьев растений ячменя, за счет чего и происходит дальнейшее повышение урожая. Положительное влияние удобрения сказывается на всех элементах структуры урожая, однако признаками, в большей степени связанными с отзывчивостью сортов ячменя, являются число продуктивных стеблей на единицу площади, продуктивная кустистость и масса зерна с колоса [1, 8].

Весьма важным агрономическим показателем, характеризующим эффективность использования азота растениями ячменя, считается выход биомассы. Есть мнение о том, что формирование высокой надземной биомассы сортами ячменя обусловлено их хорошо развитой корневой системой и способностью интенсивно поглощать азот. В связи с этим объективным показателем продуктивного использования азота генотипами ячменя может считаться более высокий урожай биомассы при сохранении индекса хозяйственной эффективности ($K_{хоз}$) [9].

При изучении влияния удобрений на урожайность ячменя отмечают высокие сортовые отличия по отзывчивости на внесение азотного удобрения. Общеизвестно,

что одни генотипы при внесении повышенных доз указанного удобрения резко повышают урожай, у других под воздействием интенсивного азотного питания урожай зерна повышается незначительно [1, 4].

Азот, как известно, участвует в ростовых и синтетических процессах, в том числе стимулирующих устойчивость к неблагоприятным факторам среды. Оптимизация питания в засушливых условиях позволяет растениям экономно расходовать влагу, а при переувлажнении повышает их влагоустойчивость, таким образом сохраняя их продуктивность. Поэтому несмотря на высокую приспособленность растений ячменя к различным условиям возделывания, особое внимание уделяется сортовой адаптации к уровню азотного питания при различных уровнях влагообеспеченности [5].

Цель исследований: изучение влияния различного уровня азотного питания на урожайность и элементы продуктивности сортов ярового ячменя селекции ФИЦ «Немчиновка».

Опыты проводились на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве с пахотного горизонта PH_{KCl} 5,35–5,55 с содержанием гумуса 1,8–2,0%. Степень обеспеченности растений подвижным фосфором является высокой (P_2O_5 по Кирсанову – 250–260 мг/кг почвы), а обменным калием – средней (K_2O по Кирсанову – 120–150 мг/кг почвы).

Объектом исследований служили созданные в различные годы сорта ярового ячменя Эльф, Раушан, Нур, Владимир, Прометей, Яромир, Московский 86, Надежный, Златояр, Рафаэль.

Посев ячменя проводился в первых декадах мая 2020–2021 гг. Предшественник – озимая тритикале. Под предпосевную культивацию вносили минеральное удобрение в виде азофоски в дозе $N_{16}P_{16}K_{16}$. В фазу кущения в качестве подкормки применяли аммиачную селитру в дозе N_{50} и N_{100} . Согласно классификации ГТК вегетационный период 2020 г. характеризовался как избыточно влажный (ГТК = 2,7), а 2021 г. – как относительно сухой (ГТК = 1,0).

Результаты дисперсионного анализа представлены следующим образом:

1. Фактор А «Сорт» – 12,60%.
2. Фактор В «Агрофон» (возрастающие дозы азотного удобрения) – 2,24%.
3. Фактор С «Год» – 65,91%.
4. Взаимодействие факторов (А*В) – 9,40%, (А*С) – 3,70%, (А*В*С) – 4,15%.

Наибольшее влияние на формирование продуктивности ярового ячменя в условиях исследований оказали: фактор «Год» – 65,91%; фактор «Сорт» – 12,60%. Взаимодействие факторов «Сорт»-«Агрофон» составило 9,40%. Средние квадраты фактора С «Год» 72,20 значительно превосходят средние квадраты факторов А «Сорт» (1,53) и В «Агрофон» (2,45). Наибольшее влияние фактора С «Год» свидетельствует о преобладающей доли средовых эффектов в годы испытания, которые вносят существенный вклад в фенотипическую изменчивость урожайности ячменя. В то же время значимость взаимодействия факторов А и В определяет возможность повышения урожайности и ее стабилизации за счет оптимизации азотного питания высокопродуктивных форм.

В годы исследований для роста и развития ячменя наиболее благоприятным был 2020 год, когда при подкормке 50 кг азота урожайность сформировалась в среднем на уровне 5,37 т/га, а при внесении 100 кг азота она увеличилась до 6,10 т/га, то есть возрастала на 0,73 т/га, или 13,6% (табл. 1). При оптимальном гидротермическом режиме у сорта Надежный потенциал продуктивности на вариантах опыта был реализован на уровне 6,20–7,35 т/га, а у сорта Рафаэль обозначен в диапазоне от 6,43 до 6,83 т/га. В то же время сорта Эльф, Прометей и Златояр по среднему значению этого параметра в большей степени, чем другие генотипы, уступали указанным ранее сортам.

**Влияние условий азотного питания на урожайность и массу 1000 семян
сортов ярового ячменя, 2020–2021 гг.**

Сорт	Урожайность, т/га		Прибавка, т/га	Окупаемость N удобрений, кг зерна на 1 кг азота	Масса 1000 семян, г
	Фон+ N ₅₀	Фон + N ₁₀₀			
2020 г.					
Эльф	5,06	5,20	0,14	2,80	54,4
Раушан	5,72	6,26	0,54	10,8	53,0
Нур	5,28	6,14	0,86	17,2	55,4
Владимир	5,48	5,61	0,13	2,60	52,8
Прометей	4,27	5,95	1,68	33,6	54,7
Яромир	4,82	5,70	0,88	17,6	57,9
Московский 86	5,72	5,86	0,14	2,80	53,2
Надежный	6,20	7,35	1,15	23,0	52,6
Златояр	4,75	6,14	1,39	27,8	54,8
Рафаэль	6,43	6,83	0,40	0,80	53,9
НСР ₀₅	0,16	0,25	0,83	26,5	1,69
2021 г.					
Эльф	3,42	4,30	0,88	17,6	54,5
Раушан	3,99	4,46	0,47	9,40	50,5
Нур	3,52	4,04	0,52	10,4	52,8
Владимир	3,29	4,01	0,72	14,4	52,2
Прометей	3,34	3,45	0,11	2,20	54,0
Яромир	3,27	3,68	0,41	17,6	50,1
Московский 86	3,97	4,37	0,40	8,20	53,6
Надежный	3,52	4,24	0,72	14,4	53,1
Златояр	2,92	3,82	0,90	18,0	49,9
Рафаэль	4,28	4,71	0,43	8,60	49,9
НСР ₀₅	0,12	0,25	0,63	11,7	2,17

Отмечена сортовая специфичность по отзывчивости растений на удобрения. Значительное и статистически достоверное превышение урожайности зерна при использовании повышенной дозы азотного питания установлено как у интенсивного сорта Надежный (1,15 т/га), так и у менее продуктивных сортов Прометей и Златояр (1,39–1,68 т/га). Отзывчивость на удобрения у сортов Эльф, Владимир и Московский 86 была минимальной (0,13–0,14 т/га).

В 2021 г. по причине метеорологических условий реальная продуктивность зерна в вариантах опыта оказалась на уровне 3,61–4,11 т/га. Прибавка урожая в тот год при использовании повышенной дозы азотного питания у сортов в среднем составила от 0,56 т/га. Наибольшая отзывчивость на внесение азотного удобрения в засушливых условиях вегетационного периода отмечена у сортов Владимир, Надежный, Эльф и Златояр (0,72–0,90 т/га).

Эффективность использования более высокой дозы азотного удобрения в подкормку способен оценить такой показатель, оплата 1 кг д.в. удобрения прибавкой урожая. Среднее значение окупаемости дополнительного внесения 1 кг азотного удобрения в благоприятных условиях 2020 г. определилось как 13,9 кг зерна, в засушливом 2021 г. – как 12,1 кг. В 2020 г. наиболее эффективной доза N_{100} оказалась для сортов Златояр, Надежный, Прометей (23,0–33,6 кг), в 2021 г. – для сортов Владимир, Надежный, Эльф, Яромир и Златояр (14,4–18,0 кг).

Среднее значение показателя крупности зерна, который у сортов в годы изучения практически не зависел от уровня минерального питания, составило 53,2 г. В более благоприятном по погодным условиям 2020 г. масса 1000 семян в среднем составляла 54,5 г. В более засушливом 2021 г. она была ниже и соответствовала значению 52,1 г. Отмечено, что усиление фона азотного питания повышало крупность зерна на 1,0–3,6 г у сорта Раушан. В то же время этот показатель у сортов Московский 86 и Прометей был ниже на 1,0–5,1 и 1,3–2,6 г соответственно. У других сортов масса 1000 семян практически не зависела от условий возделывания.

В результате улучшения питательного режима в среднем за два года количество продуктивных стеблей на единице площади возросло от 610 до 672 шт/м² (табл. 2). Увеличенная доза минеральной подкормки была более эффективной для сортов Надежный, Раушан и Златояр, что позволило им на 11,0–12,6% повысить число продуктивных стеблей. А для сортов Эльф и Владимир увеличение этого элемента структуры урожая было незначительным – всего на 3,7–4,6%.

Отмечена сильная достоверная положительная сопряженность между накопленной анализируемыми растениями биомассой и долей в ней зерна ($r = 0,96 \pm 0,05$). Поэтому в вариантах с повышенными дозами азота аналогично повышению зерновой продуктивности увеличивался сбор надземной биомассы.

Тенденция снижения доли зерна в общей надземной биомассе проявилась лишь в засушливом году у сортов более ранней селекции: Эльф, Нур, Прометей и Яромир. При повышении уровня азотного питания у сортов Раушан, Московский 86, Златояр и Рафаэль происходило более интенсивное накопление биомассы и незначительное повышение коэффициента хозяйственного использования, что свидетельствует о высокой эффективности потребления ими минерального азота.

Признаками, связанными с отзывчивостью ячменя на удобрения, являются также продуктивность растения и коэффициент кущения. Как показали исследования, повышенный уровень обеспеченности растений азотом в 2020 г. способствовал увеличению показателя продуктивной кустистости в среднем на 13,8%, а массы зерна с растения – в среднем на 14,8%. В неблагоприятных условиях 2021 г. он усиливал эти показатели соответственно на 11,4 и 21,2%. Превосходство имели сорта Прометей и Надежный, которые превышали среднесортное значение коэффициента кущения на 58,6–74,9%, а показателя продуктивности растения превосходили на 24,0–43,3%.

Таблица 2

**Показатели продуктивности сортов ячменя в зависимости
от доз азотных удобрений, 2020–2021 гг.**

Вариант опыта	Количество продуктивных стеблей, шт/м ²	Коэффициент кущения	Продуктивность растения, г	Общая биомасса снопа, г	К хоз., %	Масса зерна с колоса, г
	2020 г./ 2021 г.	2020 г./ 2021 г.	2020 г./ 2021 г.	2020 г./ 2021 г.	2020 г./ 2021 г.	2020 г./ 2021 г.
Эльф						
Фон+N ₅₀	658/542	1,82/1,61	1,40/0,98	1035/695	0,49/0,49	1,08/1,00
Фон+N ₁₀₀	682/613	1,92/1,72	1,46/1,24	1070/932	0,49/0,47	1,10/1,04
Раушан						
Фон+N ₅₀	656/564	1,67/1,70	1,46/1,16	1125/879	0,51/0,45	1,20/0,92
Фон+N ₁₀₀	736/658	2,12/1,76	1,78/1,20	1215/880	0,51/0,49	1,13/0,92
Нур						
Фон+N ₅₀	598/544	1,58/1,60	1,40/0,96	1042/810	0,51/0,50	1,27/1,02
Фон+N ₁₀₀	670/578	1,78/1,48	1,62/1,21	1158/892	0,53/0,43	1,20/1,03
Владимир						
Фон+N ₅₀	633/564	1,56/1,70	1,35/1,06	1038/692	0,53/0,47	1,12/0,94
Фон+N ₁₀₀	652/611	1,74/1,88	1,50/1,22	1058/830	0,53/0,48	1,11/1,07
Прометей						
Фон+N ₅₀	600/560	1,51/1,60	1,08/0,95	895/768	0,48/0,43	1,07/0,97
Фон+N ₁₀₀	708/576	1,82/1,89	1,52/1,00	1158/878	0,51/0,39	1,16/1,08
Яромир						
Фон+N ₅₀	574/584	1,48/1,48	1,23/0,70	982/705	0,49/0,46	1,15/0,89
Фон+N ₁₀₀	628/588	1,55/1,60	1,41/1,12	1158/872	0,52/0,41	1,19/0,98
Московский 86						
Фон+N ₅₀	698/581	1,94/1,54	1,60/0,98	1080/809	0,53/0,47	1,18/0,94
Фон+N ₁₀₀	760/650	2,14/1,72	1,65/1,14	1135/905	0,52/0,50	1,170,98
Надежный						
Фон+N ₅₀	826/647	2,10/1,72	1,60/0,80	1150/855	0,56/0,51	1,08/1,02
Фон+N ₁₀₀	980/646	2,58/1,78	1,96/0,96	1290/845	0,57/0,51	1,09/1,06
Златояр						
Фон+N ₅₀	464/446	1,33/1,34	1,36/0,77	942/648	0,51/0,42	1,24/0,95
Фон+N ₁₀₀	634/510	1,66/1,39	1,60/1,03	1240/812	0,49/0,47	1,24/1,03
Рафаэль						
Фон+N ₅₀	818/648	2,11/1,74	1,66/1,10	1142/838	0,56/0,49	1,07/0,95
Фон+N ₁₀₀	842/712	2,16/2,06	1,67/1,35	1190/922	0,57/0,52	1,10/0,97

Примечание. К_{хоз} отражает долю зерна в общей надземной массе растений, %.

Выводы

Применение азотного удобрения в дозе 100 кг д.в. на 1 га в подкормку явилось наиболее эффективным, и в зависимости от погодных условий вегетационного периода урожайность ячменя при этом в среднем возрасла на 0,56–0,71 т/га.

В годы исследований было установлено, что высокой отзывчивостью и окупаемостью на дополнительное внесение азотного удобрения характеризовались как высокоинтенсивный сорт Надежный, так и менее продуктивный сорт Златояр.

Увеличение дозы азота способствовало повышению показателей продуктивности у сортов ярового ячменя. Наибольшей прибавкой числа продуктивных стеблей на единице площади отличались сорта Надежный, Златояр и Раушан. Более интенсивное накопление биомассы отмечено у сортов Раушан, Московский 86, Златояр и Рафаэль. Преимущество по массе 1000 семян имел сорт Раушан, а сорта Прометей и Надежный превосходили другие генотипы по коэффициенту кущения и массе зерна с растения.

Библиографический список

1. *Абарова Е.Э.* Влияние различных форм азотных удобрений на урожайность сортов ячменя // Почвоведение и агрохимия. – 2009. – № 1. – С. 93–101.
2. *Абашев В.Д., Попова Ф.А., Светлакова Е.В.* Влияние минеральных удобрений на урожайность зерна ячменя // Пермский аграрный вестник. – 2015. – № 4. – С. 4–8.
3. *Богдевич И.М., Очковская Л.В., Пироговская Г.В.* Эффективность применения минеральных удобрений под ячмень на дерново-подзолистых почвах Беларуси // Международный аграрный журнал. – 2000. – № 2. – С. 18–22.
4. *Евдокимова М.А.* Влияние условий азотного питания на урожайность ярового ячменя в таежно-лесной зоне // Вестник Марийского государственного университета. – 2017. – Т. 3, № 2 (10). – С. 16–21.
5. *Ерошенко Л.М., Ромахин М.М., Ерошенко Н.А., Дедушев И.А., Ромахина В.В., Болдырев М.А.* Урожайность, пластичность, стабильность и гомеостатичность сортов ярового ячменя в условиях Нечерноземной зоны // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2022. – Т. 183, № 1. – С. 38–47.
6. *Лапа В.В., Ивахненко Н.Н., Грачева А.А.* Влияние доз и соотношений минеральных удобрений на урожайность и качество ячменя Гонар при возделывании на дерново-подзолистой супесчаной почве // Почвоведение и агрохимия. – 2009. – № 1. – С. 102–111.
7. *Мусаев Ф.А., Захарова О.А.* Зависимость урожайности ячменя от ГТК и удобрений // Успехи современного естествознания. – 2016. – № 2 – С. 89–97.
8. *Хоконова М.Б.* Экономическая эффективность производства пивоваренного солода // Научно-технический прогресс: актуальные перспективные направления будущего: Сборник статей II Международной научно-практической конференции. – Кемерово: ООО «Западно-Сибирский научный центр», 2016. – С. 98–99.
9. *Binghama I.J., Karley A.J., White P.J., Thomas W.T.B., Russell J.R.* Analysis of improvements in nitrogen use efficiency associated with 75 years of spring barley breeding // European Journal of Agronomy. – 2012. – Pp. 49–58.

EFFECT OF NITROGEN NUTRITION ON YIELD AND YIELD STRUCTURE ELEMENTS OF SPRING BARLEY VARIETIES BRED BY FRC “NEMCHINOVKA”

I.A. DEDUSHEV¹, L.M. EROSHENKO¹, V.V. PYL'NEV²

(¹Federal Research Centre “Nemchinovka”,

²Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy)

The response of ten spring barley varieties bred by FRC “Nemchinovka” to increasing nitrogen nutrition has been studied. A positive effect of nitrogen fertilisation on the yield growth and the main elements of barley yield structure was found. The varieties Nadezhnyi, Raushan and Zlatoyar were highly responsive to more intensive nitrogen nutrition.

Key words: *spring barley, varieties, nitrogen nutrition, yield, fertilisation.*

References

1. *Abarova E.E.* Effect of different forms of nitrogen fertilisers on barley yields. *Pochvovedenie i agrokhimiya*. 2009; 1: 93–101. (In Rus.)
2. *Abashev V.D., Popova F.A., Svetlakova E.V.* Effect of mineral fertilisers on barley grain yields. *Permskiy agrarniy vestnik*. 2015; 4: 4–8. (In Rus.)
3. *Bogdevich I.M., Ochkovskaya L.V., Pirogovskaya G.V.* Effectiveness of mineral fertiliser application for barley on sod-podzol soils in Belarus. *Mezhdunarodniy agrarniy zhurnal*. 2000; 2:18–22. (In Rus.)
4. *Evdokimova M.A.* Effect of nitrogen nutrition conditions on spring barley yields in the taiga-forest zone. *Vestnik Mariyskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2017; 3; 2 (10): 16–21. (In Rus.)
5. *Eroshenko L.M., Romahin M.M., Eroshenko N.A., Dedushev I.A., Romakhina V.V., Boldyrev M.A.* Yield, plasticity, stability and homeostability of spring barley varieties in the Non-Chernozem zone. *Trudy po prikladnoy botanike, genetike i selektsii*. 2022; 183; 1: 38–47. (In Rus.)
6. *Lapa V.V., Ivakhnenko N.N., Gracheva A.A.* Effect of mineral fertiliser doses and ratios on the yield quality of Gonar barley when cultivated on sod-podzolic loamy sand soil. *Pochvovedenie i agrokhimiya*. 2009; 1: 102–111. (In Rus.)
7. *Musaev F.A., Zakharova O.A.* Dependence of barley yield on GTC and fertilisers. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya*. 2016; 2: 89–97. (In Rus.)
8. *Khokonova M.B.* Economic efficiency of brewing malt production. *Nauchno-tekhnicheskiiy progress: aktual'nye perspektivnye napravleniya budushchego: sbornik statey II mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. Kemerovo: OOO “Zapadno-Sibirskiy nauchniy tsentr”. 2016: 98–99. (In Rus.)
9. *Bingham I.J., Karley A.J., White P.J., Thomas W.T.B., Russell J.R.* Analysis of improvements in nitrogen use efficiency associated with 75 years of spring barley breeding. *European Journal of Agronomy*. 2012: 49–58.

Дедушев Иван Александрович, научный сотрудник, ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр «Немчиновка», лаборатория селекции и первичного семеноводства ярового ячменя; 143026, Российская Федерация, г. Одинцово, р.п. Новоивановское, ул. Агрохимиков, 6; e-mail: dedushev_95@mail.ru; тел.: (953) 333–91–87

Ерошенко Любовь Михайловна, канд. с.-х. наук, ведущий научный сотрудник, ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр «Немчиновка», лаборатория селекции и первичного семеноводства ярового ячменя; 143026, Российская Федерация, г. Одинцово, р.п. Новоивановское, ул. Агрохимиков, 6; e-mail: eroshenko.lm@yandex.ru; тел.: (925) 615–51–29

Пыльнев Владимир Валентинович, д-р биол. наук, профессор, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: pyl8@yandex.ru; тел.: (915) 093–07–85

Ivan A. Dedushev, Research Associate, Federal Research Center “Nemchinovka” (6, Agrokhimikov Str., worker’s settlement Novoivanovskoe, Odintsovo, Moscow region, 143026, Russian Federation; phone: (953) 333–91–87; E-mail: dedushev_95@mail.ru)

Lyubov’ M. Eroshenko, CSc (Ag), Leading Research Associate, Federal Research Center “Nemchinovka” (6, Agrokhimikov Str., worker’s settlement Novoivanovskoe, Odintsovo, Moscow region, 143026, Russian Federation; phone: (925) 615–51–29; E-mail: eroshenko.lm@yandex.ru)

Vladimir V. Pyl’nev, DSc (Bio), Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49, Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russian Federation; phone: (915) 093–07–85; E-mail: pyl8@yandex.ru)

ПРЕВРАЩЕНИЯ УРАЦИЛА, ГЛИЦИНА И ГЛЮКОЗЫ, ПОСТУПАЮЩИХ В СОСТАВЕ ОПАДА В ЛЕСНУЮ ПОДСТИЛКУ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ

О.С. ЖУРАВЛЕВА, С.П. ТОРШИН

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

В модельных опытах в условиях лесной экосистемы были отобраны образцы частично разложившегося лесного опада и почвы слоя 0–10 см, содержащие органическое вещество, меченное ^{14}C . Метку вносили в виде низкомолекулярных водорастворимых органических веществ индивидуальной природы: глицина, урацила и глюкозы – совместно с немеченым растительным опадом в капроновых мешочках. Опыт был заложен в позднеосенний период на территории Малинского лесничества в 20 км на юго-запад от Москвы на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве. Для исследования брали образцы двух сроков отбора: спустя 40 сут. после внесения метки и через 2 года. Отобранные образцы экстрагировали и разделили на фракции органического вещества почвы, включившего в свой состав ^{14}C с последующей радиометрией. Результаты показали различия в трансформации и включении радиоуглерода изучаемых продуктов: глицина, урацила и глюкозы – в разные фракции органического вещества почв углерода низкомолекулярных водорастворимых веществ в зависимости от их природы.

Ключевые слова: почва, гумус, гумусообразование, поведение глицина, урацила, глюкозы в почве, низкомолекулярные водорастворимые органические вещества почв

Почвенное звено круговорота углерода в биосфере включает в себя две главные составляющие. Первая из них – минерализация всех основных компонентов органического вещества, присутствующих в составе исходных органических веществ биологического происхождения и промежуточных продуктов их последующей трансформации и гумификации. Совокупность этих процессов определяет поступление диоксида углерода в атмосферу и оказывает решающее влияние на его концентрацию во всех слоях атмосферы и газовой фазы почвы [2, 15, 16]. В современных условиях на последние показатели влияют и топливные выбросы в атмосферу, а также миграция органических веществ, входящих в состав органических удобрений и различных органических загрязнений биосферы.

Вторая генеральная составляющая – это включение разнообразных промежуточных продуктов трансформации исходных органических остатков, как высоко-, так и низкомолекулярных, в состав специфических почвенных органических веществ, прежде всего – гумусовой природы. Важность исследований и знание масштабов этих процессов обусловлена следующими обстоятельствами.

Во-первых, эти процессы переводят относительно легкоминерализуемые вещества органических остатков в трудноминерализуемые соединения гумусовых веществ, время нахождения которых в почвах, по данным радиоуглеродного датирования, может достигать тысяч и десятков тысяч лет [1, 13]. Это своеобразный тип консервирования образующегося в биосфере органического вещества, направленный на уравнивание минерализационного потока углерода в биосферу [4–6, 9, 11, 12, 14].

Экспериментально задача изучения включения любых соединений органических остатков в натурных или близких к ним условиях в состав специфических почвенных

соединений в принципе решается только с использованием метода изотопных индикаторов (подобно расшифровке биохимических циклов превращения органических веществ в составе живых организмов). Однако уникальная сложность вещественного состава органического вещества почв заставляет пока ограничиваться исследованием отдельных представителей групп или классов органических соединений на примере отдельных конкретных веществ, что решалось нами в рамках данной работы.

Следующее важное обстоятельство обусловлено тем, что процессы включения свежих продуктов органических остатков и промежуточных продуктов их трансформации в состав специфических, более устойчивых к минерализации соединений почвы, обеспечивают стабильность или улучшение гумусового состояния почв. Однако данные, характеризующие масштабы и скорость включения углерода органических остатков и их отдельных компонентов в состав гумусовых соединений (например, коэффициенты гумификации), являются крайне противоречивыми. Не всегда представляются корректными и методы получения этих данных, что подробнее будет рассмотрено далее.

В работах А.Д. Фокина [7, 8] показано, что формирование и образование гумусовых веществ возможны за счет как разложения растительных остатков на месте разложения, так и поступления мигрирующих компонентов растительных остатков в почвенных горизонтах, ниже горизонтов их образования. Такими мигрирующими компонентами могут выступать низкомолекулярные вещества индивидуальной природы. Интенсивность и направленность процессов разложения, минерализации и трансформации свежего пула органического вещества неодинаковы и изменяются в течение года в зависимости от условий: температуры, влажности и микробиологической активности.

При внесении водорастворимых органических веществ индивидуальной природы в почву в составе лесного опада происходит их трансформация и включение в гумусовые вещества. В процессе предыдущих исследований были выявлены различия в поведении внесенных меченых веществ в зависимости от их индивидуальной природы и внесения в составе различных видов опада [3, 8]. Однако подобные исследования до настоящего времени остаются весьма фрагментарными. В связи с этим основная цель исследований состояла в количественной оценке масштабов включения углерода трех низкомолекулярных соединений, принадлежащих различным классам водорастворимых органических веществ, промежуточных продуктов их трансформации, в состав гумусовых соединений на месте их поступления в почву (*in situ*), а также при нисходящей миграции при вымывании меченных продуктов в слои почвы, непосредственно подстилающих место их внесения.

Для выполнения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

- разработать и обосновать методику мечения углерода указанных соединений в составе свежего растительного опада;
- выбрать и обосновать метод фракционирования органических соединений гумусовой природы для оценки включения в их состав ^{14}C – меченных веществ и промежуточных продуктов их трансформации;
- провести натурные наблюдения для решения основной цели исследования в условиях лесной подстилки почв подзолистого типа за двухлетний период;
- изучить трансформацию и включение продуктов трансформации в гумусовые вещества почв водорастворимых низкомолекулярных органических веществ индивидуальной природы;
- оценить участие низкомолекулярных органических веществ индивидуальной природы в формировании гумусовых веществ на месте образования, а также при миграции в нижележащие горизонты почв;

- изучить масштабы включения меченных ^{14}C урацила, глицина и глюкозы в состав отдельных групп гумусовых соединений, формирующихся в подгоризонтах L и F лесной подстилки, образованной хвойным и листовым опадом;
- изучить устойчивость к деструкции структурных фрагментов гумусовых веществ, сформированных урацилом, глицином и глюкозой.

Материал и методы исследований

В качестве объектов исследований выбраны индивидуальные вещества, имеющиеся в составе любой живой клетки, которые могут образовываться в процессе разложения свежего опада. Представители трех классов органических веществ: аминокислота – глицин; гетероциклическое соединение – урацил; углевод-моносахарид – глюкоза. При этом изначально предполагалось неодинаковое поведение этих веществ. Урацил и глюкоза – нейтральные вещества. Глицин при различном значении pH может проявлять как основные, так и кислотные свойства. Изоэлектрическая точка этого соединения (ИЭТ) составляет 6,0. Глюкоза, обладая большей биодоступностью, активнее включается в состав микробной плазмы и минерализуется.

На рисунке 1 представлена схема, отражающая участие низкомолекулярных веществ в процессах трансформации органического вещества почвы, которым отведено центральное место в наших исследованиях. Данная схема не отражает всех процессов в почве, связанных с органическим веществом, звеньев, участвующих в преобразовании последнего, и формирования гумуса, однако она обозначает рамки наших исследований.

Опыт был заложен в позднесенний период на территории Малинского лесничества в 20 км на юго-запад от Москвы на дерново-подзолистых среднесуглинистых почвах 14 октября. Данный срок закладки был выбран неслучайно. Это позволило снизить минерализационные потери вносимых веществ, так как процессы поглощения веществ почвенными микроорганизмами еще происходят, а минерализация – уже нет. Кроме того, именно осенний период является периодом активной миграции веществ в почвах с просачиванием в грунт в отличие от миграции с весенним поверхностным стоком талых вод.

Глицин, урацил и глюкоза, тотально меченные изотопом ^{14}C активностью 200 кБк или $2 \cdot 10^5$ Бк, вносились на поверхность дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы в составе проб наземного опада и на глубину 2 см в составе проб корневого опада. В качестве наземного опада использовались органические остатки хвои ели (*Picea abies* L.) и смесь листьев березы (*Betula pendula* Roth.) и осины (*Populus tremula* L.). В качестве проб корневого опада использовались измельченные ножницами корни пырея ползучего (*Elytrigia repens* L.).

Воздушно-сухие навески органического материала (хвоя – 5 г, листья – 3 г, корни – 3 г) помещали в плоский пакет из жесткой капроновой сетки размером 10×10 см, доводили до влагонасыщенного состояния и в таком виде перевозили на пробные площадки. Меченные вещества вносились в виде водных растворов объемом 3 мл с помощью микропипетки равномерно по всей плоскости пакета с опадом. Хвоя и листья с мечеными веществами располагались непосредственно на поверхности почвы, закреплялись проволокой и слегка присыпались естественным опадом леса. Корни пырея ползучего вносились на глубину 2–3 см.

Отбор проб осуществлялся спустя 40 дней, а затем каждые 0,5 года. Всего было 6 сроков отбора проб. Пробы отбирались с помощью специального металлического пробоотборника в виде параллелепипеда площадью 10×12 см и высотой 10 см, который позволял отобрать пробу почвы ненарушенного сложения, включающую в себя

капроновый пакет с исходным веществом, горизонты А0 и А1. В лаборатории пробу разделяли на части: исходный материал из исходного пакета; А0 слои 0–1 и 1–2 см; А1 слои 2–3, 3–5, 5–7, 7–10 см.

Включение меченных веществ и продуктов их трансформации в состав гумусовых соединений изучалось в пробах за два срока наблюдений: 40 сут. и 2 года.

Методика исследования отображена на схеме рисунка 1.



Рис. 1. Участие низкомолекулярных веществ в процессах трансформации органического вещества почвы

Гумусовые вещества препаративно отделялись от низкомолекулярных веществ индивидуальной природы. При этом разделение носило «мягкий» характер – с целью предотвращения вторичного перераспределения метки между выделяемыми фракциями за счет процессов гидролиза, соосаждения, сорбционных взаимодействий и т.д. С этой точки зрения традиционные методы фракционирования гумусовых веществ являются непригодными по причине наличия обработок материала растворами сильных кислот и оснований, а также ввиду предположения того, что все органические вещества, переходящие из почвы в экстракт, входят в ту или иную фракцию или группу гумусовых веществ.

Для решения поставленных задач использовалась экстракция гумусовых и негумусовых веществ из почвы раствором слабого основания: аммиака с последующим (на 1 этапе) разделением низкомолекулярных, меньше 700 атомных единиц массы (а.е.м.), и высокомолекулярных – больше 700 а.е.м. экстрагируемых веществ на геле Молселект G-10. На данном этапе исследований идентификация низкомолекулярных соединений не проводилась, хотя известно, что в отдельных случаях формируются окрашенные вещества гумусовой природы с молекулярной массой, приближающейся к нескольким сотням а.е.м. [10]. Принимаем, что все темно-окрашенные экстрагируемые органические вещества, имеющие молекулярную массу более 700 а.е.м., относятся к соединениям гумусовой природы.

Навеска в 6 г почвенного материала (органогенный горизонт с примесью минеральной части) обрабатывалась 30 мл 0,1н. раствора NH_4OH последовательно 4 раза. При каждой обработке суспензия взбалтывалась в течение 1 ч при комнатной температуре. Четырехкратная обработка почвы 0,1н. NH_4OH не обеспечивала исчерпывающей экстракции меченных ^{14}C веществ. В каждом случае величина экстракции оценивалась путем радиометрических измерений образцов почвы до экстрагирования и после него.

Отделение жидкой фазы от почвенного материала производилось на центрифуге дважды. В первый раз проводилось центрифугирование при числе оборотов 4000 об/мин в течение 10 мин. При этом в отдельных пробах раствор оставался слегка мутным от присутствия взвеси органоминеральных илистых частиц. Во время второго центрифугирования (10 мин при оборотах 8000 об/мин) удавалось получить прозрачный раствор. Илистые частицы собирались, и в них определялись общая сухая масса, содержание ^{14}C на радиометре «Эксперт-М» и содержание органического вещества путем прокаливания осадка.

Собранные пробы центрифугата концентрировались упариванием при температуре около 90 °С, затем разделялись на колонке с гелем G-10.

Как отмечалось, илистая фракция была выделена путем центрифугирования аммиачной вытяжки перед разделением экстрагируемых гумусовых веществ по молекулярным массам. В составе илистой фракции были определены ее масса, содержание в ней органического вещества в процентах весовым методом после озоления воздушно-сухих образцов осадков при температуре 800 °С. По результатам озоления была рассчитана зольность илистой фракции. Кроме того, было определено содержание ^{14}C в препаратах илистой фракции.

Экстрагируемые гумусовые вещества, освобожденные от илистой фракции, были подразделены на геле Молселект G-10 на две группы веществ: низкомолекулярные ($\text{мм} < 700$ а.е.м.) и высокомолекулярные ($\text{мм} > 700$ а.е.м.). Для выделенных групп были определены их массы путем прямого взвешивания препаратов (абсолютно сухая масса) и относительная активность в импульсах в 1 сек. для каждого препарата.

Поскольку выход групп гумусовых веществ, различающихся по молекулярным массам, по вариантам опыта также существенно различался, для сравнения образцов лучше использовать значения не абсолютной активности отдельных препаратов, а их относительную удельную активность: например, в импульсах в 1 сек. на 1 г выделенной фракции гумусового вещества. Эта величина характеризует относительное включение ^{14}C в состав данной фракции и изменение содержания ^{14}C во фракции во времени.

Результаты и их обсуждение

Измерения относительной активности образцов до экстракции и после нее позволили оценить экстрагируемость органических веществ из анализируемых образцов и ее изменение в зависимости от времени нахождения меченного органического вещества в почве и химической природы меченного соединения.

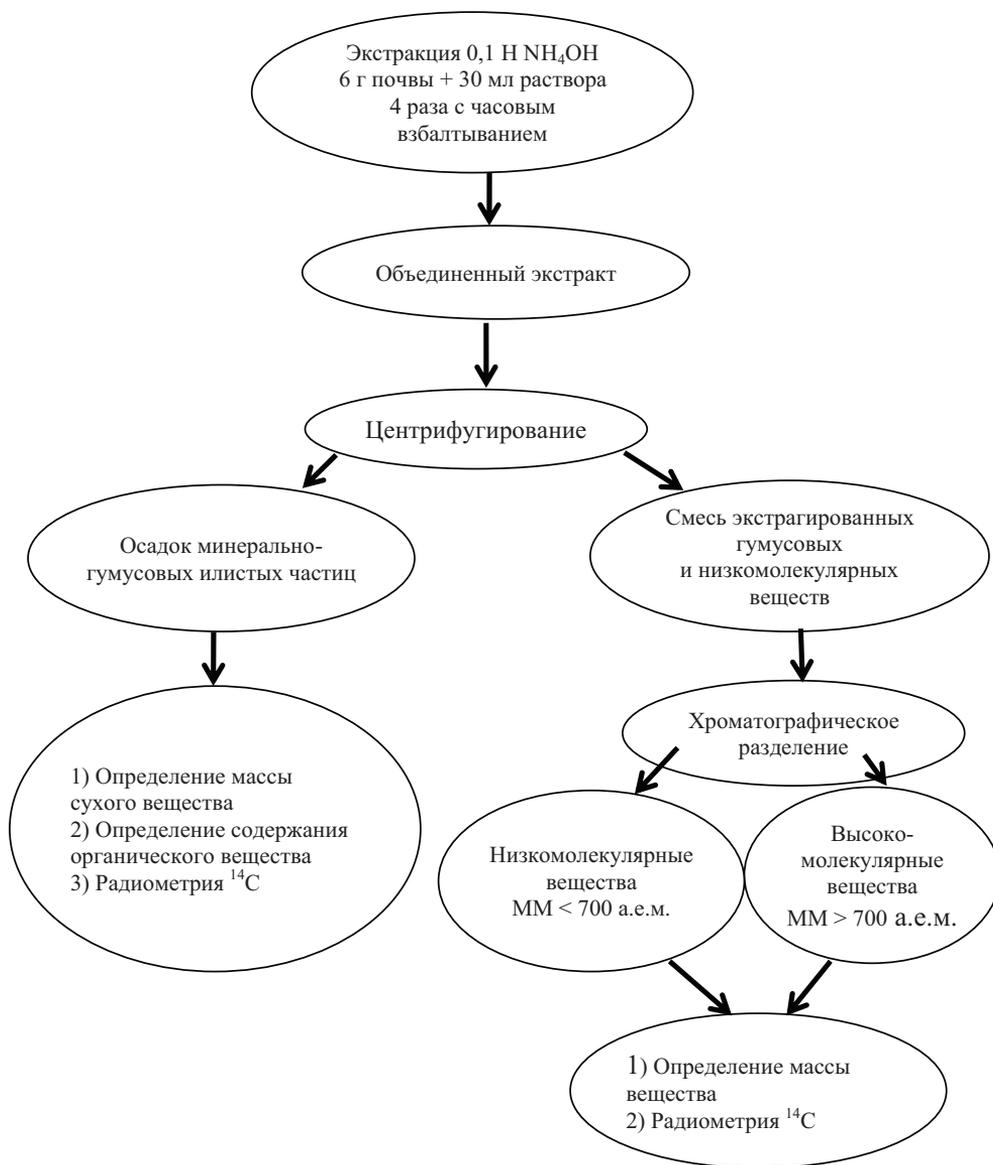


Рис. 2. Схема анализа

Данные, представленные в таблицах 1–3, показывают, что в большинстве случаев общая экстрагируемость веществ в первый срок наблюдения была высокой и составляла 55–90% от общего количества меченного органического вещества в образце, причем из хвои и листьев экстрагировалось из исходного материала меньше по сравнению с органо-минеральными слоями 0–1 и 1–2 см. Через два года этот показатель заметно снизился (до 0–40%). Исключение из данной закономерности было получено для ^{14}C -урацила, внесенного в состав листового опада. В этом случае экстрагируемость во времени практически не менялась и составляла чуть более 20%.

Снижение экстрагируемости свидетельствует о том, что с течением времени происходит постепенное включение меченных органических веществ в состав более стабильных и менее экстрагируемых веществ. При этом наблюдалась

более высокая экстрагируемость ^{14}C -меченных веществ, инкубированных с хвоей, по сравнению с ^{14}C -мечеными веществами, инкубированными с листьями, причем извлечение ^{14}C -меченных веществ, инкубированных с листьями, значительно возросло из проб исходного материала последнего срока отбора по сравнению с первым сроком. Это свидетельствует о том, что с течением времени меченные органические вещества, внесенные вместе с листьями при разложении исходного материала, включаются в более подвижные и экстрагируемые фракции органических веществ.

Таблица 1

Экстрагируемость меченных органических веществ и включение ^{14}C глицина в состав фракций гумусовых соединений

Глицин в составе	слой, см	Скорость счета образцов, имп/с		Осталось в пробе	Экстрагируемость	Удельная скорость счета образцов различных фракций, имп/г		
		исходная	после экстрагирования			%	> 700 а.е.м.	< 700 а.е.м.
Экспозиция 40 сут.								
ХВОИ	исх.	46,8±5,5	28,8±3,1	62	38	47,1	163	784
	0-1	7,05±0,82	2,37±0,27	34	66	30,7	10,9	356
	1-2	1,73±0,21	0,60±0,05	35	65	5,18	0,00	8,59
ЛИСТЬЕВ	исх.	195±21	183±19,5	94	6	598	805	1021
	0-1	1,62±0,11	0,69±0,08	43	57	3,08	7,73	4,31
	1-2	1,11±0,09	0,41±0,07	37	63	1,77	2,33	3,55
Экспозиция 2 года								
ХВОИ	исх.	19,9±2,3	23,4±2,9	100	0	49,26	43,06	71,56
	0-1	0,87±0,09	0,78±0,05	90	10	4,45	2,19	3,33
	1-2	0,47±0,09	0,71±0,06	100	0	3,9	5,28	11,86
ЛИСТЬЕВ	исх.	66,8±8,5	41,9±4,5	63	37	22,9	1,2	80,55
	0-1	1,36±0,14	0,89±0,11	65	35	3,1	4,48	1,92
	1-2	0,32±0,05	0,79±0,05	100	0	0,72	0,00	7,69

Рассмотрение данных о включении метки в различные фракции органического вещества позволило выявить следующие особенности.

Спустя 40 сут. после внесения меченных препаратов в почву минимальный уровень включения меченных веществ в состав молекулярных групп гумусовых веществ обнаруживался для глицина. Его содержание в составе молекулярных фракций было на порядок ниже, чем содержание урацила и глюкозы. Этот эффект проявлялся как при внесении глицина в составе хвои, так и в составе листьев, причем

в последнем случае он проявлялся более выразительно. Однако спустя 2 года содержание меченных фрагментов, источниками которых являлись глицин, урацил и глюкоза, в несколько раз или десятков раз снижалось и выравнивалось. Это означает, что включившиеся в гумусовые вещества меченные фрагменты, источником которых является глицин, медленнее поддавались процессам минерализации и деструкции по сравнению с фрагментами, образованными урацилом и глюкозой.

Таким образом, глицин менее интенсивно включался в состав гумусовых веществ по сравнению с другими низкомолекулярными соединениями, но включившись, формировал наиболее устойчивые структуры в их составе. Показателем этого является кратность снижения удельной активности препаратов за 2 года натуральных наблюдений, которая составляла для глицина единицы раз, тогда как для остальных веществ – десятки и даже сотни раз.

Урацил и глюкоза вначале включились в состав гумусовых веществ в 5–30 раз интенсивнее глицина, но и последующие потери меченных фрагментов из состава гумусовых веществ были существенно выше.

Таблица 2

Экстрагируемость меченных органических веществ и включение ^{14}C урацила в состав фракций гумусовых соединений

Урацил в составе	Слой, см	Скорость счета образцов, имп/с		Осталось в пробе	Экстрагируемость	Удельная скорость счета образцов различных фракций, имп/г		
		исходная	после экстрагирования			%	> 700 а.е.м.	< 700 а.е.м.
Экспозиция 40 сут.								
ХВОИ	исх.	132±11,5	22,5±1,5	17	83	196	1760	1111
	0–1	27,7±3,3	12,6±1,3	45	55	178	311	3179
	1–2	6,9±0,51	0,85±0,07	12	88	1,55	45,3	14,0
ЛИСТЬЕВ	исх.	65,7±4,3	85,6±9,3	100	0	1012	3702	1077
	0–1	12,1±1,77	9,42±1,11	78	22	75,4	83,7	1514
	1–2	1,43±0,17	2,41±0,30	100	0	122	846	296
Экспозиция 2 года								
ХВОИ	исх.	65,7±7,7	55,8±5,9	85	15	15,5	99,1	75,5
	0–1	1,68±0,21	1,24±0,15	74	26	3,72	28,3	3,2
	1–2	1,38±0,25	0,39±0,05	28	72	2,08	9,70	61,0
ЛИСТЬЕВ	исх.	3,83±0,43	3,91±0,45	100	0	10,4	137	45,9
	0–1	0,90±0,09	0,69±0,05	77	23	0,59	4,80	3,50
	1–2	0,47±0,61	0,57±0,07	100	0	3,21	16,7	3,41

Таблица 3

Экстрагируемость меченных органических веществ и включение ¹⁴C глюкозы в состав фракций гумусовых соединений

Глюкозав со- ставе	Слой, см	Скорость счета образцов, имп/с		Осталось в пробе	Экстраги- руемость	Удельная скорость счета образцов различных фракций, имп/г		
		исходная	после экстрагирования			%	> 700 а.е.м.	< 700 а.е.м.
Экспозиция 40 сут.								
ХВОИ	исх.	52,1±0,7	47,0±5,1	90	10	627	380	512
	0–1	83,0±0,9	32,2±4,4	39	61	166	104	376
ЛИСТЬЕВ	исх.	201±23	196±21	98	2	888	326	13658
	0–1	25,5±3,0	12,4±1,3	49	51	110	120	247
	1–2	1,60±0,21	1,46±0,15	91	9	12,0	0,00	0,00
Экспозиция 2 года								
ХВОИ	исх.	27,5±3,1	31,7±4,0	100	0	42,3	2,5	177
	0–1	16,0±1,9	9,8±1,2	61	39	14,7	5,87	36,3
	1–2	0,85±0,09	0,87±0,09	100	0	4,81	16,5	75,0
ЛИСТЬЕВ	исх.	91,9±10,5	39,5±4,7	43	57	138	131	124
	0–1	1,18±0,11	0,70±0,09	59	41	1,24	10,8	3,23
	1–2	0,09±0,01	0,61±0,07	100	0	0,00	0,00	0,00

Данные таблиц 1–3 свидетельствуют также о том, что первичное включение меченных веществ в гумусовые вещества их состава хвои в большинстве вариантов было заметно выше, чем из листового опада. Как тенденцию, можно отметить то, что гумусовые вещества, включившие в свой состав меченные соединения из состава хвои, оказывались несколько более стабильными по сравнению с фрагментами, сформированными в условиях листового опада. Возможно, данное обстоятельство связано с более высоким уровнем биологической активности листового опада по сравнению с хвоей.

По вариантам обнаруживаются в ряде случаев существенные различия в устойчивости меченных фрагментов в составе низко- и высокомолекулярных групп гумусовых веществ. Однако какая-либо четкая закономерность здесь не прослеживалась.

Особо стоит отметить значительные различия во включении трех исследуемых веществ в состав органического вещества илстой фракции.

Спустя 40 сут. после начала эксперимента наименее интенсивно в состав органического вещества данной фракции включился ¹⁴C-глицин. Его содержание в составе органического вещества на начальной стадии эксперимента в десятки и сотни раз было ниже, чем для урацила и глюкозы. Поведение глицина отличалось от поведения

урацила и глюкозы в данной фракции еще и тем, что его содержание за 2 года в составе органического вещества илистой фракции изменяется в гораздо меньшей степени, чем содержание ^{14}C -урацила и ^{14}C -глюкозы. Под хвойным опадом удельная активность ^{14}C -глицина за 2 года снизилась приблизительно в 13 раз, а под листовым опадом – всего в 2 раза. За это же время содержание урацила и глюкозы изменилось в несколько десятков, а в отдельных случаях – и сотен раз. Это означает, что глицин, хотя и менее интенсивно включался в состав органического вещества илистой фракции, но включившись, образует гораздо более стабильные структуры, не поддающиеся минерализации, по сравнению со структурами, которые формируют глюкоза, и особенно урацил, в составе минерально-гумусовых веществ илстых фракций.

Выводы

Включение метки ^{14}C из свежих органических остатков происходит во все фракции и формы гумуса, то есть в составе гумуса, разделяемого по принятой схеме, не обнаруживается каких-либо форм, которые вообще не обновляются. При этом в поведении меченных веществ можно отметить как общие закономерности, так и различия.

В первый срок отбора углерод глицина в случае внесения в составе хвои обнаруживался в основном в илистой фракции в исходном материале и практически не включался в высокомолекулярную фракцию. При этом при внесении с хвоей отмечалась миграция метки глицина в нижележащий слой, при внесении в составе с листьями остается в исходном материале и обнаруживается во всех фракциях. В последнем сроке отбора углерод глицина мигрировал и обнаруживался в слое 1–2 см в основном в составе илистой фракции.

В слое 2–10 см метка глицина в основном оказывалась в высокомолекулярной фракции. Углерод урацила сразу же включается в состав низкомолекулярной фракции, в меньших количествах – илистой фракции, и уже во второй срок отбора обнаруживается в слое 2–10 см. При этом можно отметить то же самое, что и в поведении углерода глицина. Углерод урацила в случае внесения с хвоей практически не обнаруживается в составе высокомолекулярной фракции и в нижележащем слое оказывается в составе илистой фракции; при внесении с листьями он обнаруживался и в составе высокомолекулярной фракции. Такое различие в распределении меченных веществ по фракциям выделяемых органических веществ из листьев и хвои можно также объяснить пониженной микробиологической активностью исходного образца хвои.

Углерод глюкозы оказывается в основном в составе высокомолекулярной и илистой фракций независимо от того, с каким исходным веществом вносилась метка, остается в исходном материале и практически не мигрирует. Такое поведение меченных веществ свидетельствует о наличии по крайней мере двух форм органического вещества: мигрирующей (в нашем случае это низкомолекулярная фракция) и формы накопления (высокомолекулярная фракция). При этом в высокомолекулярной фракции оказывается углерод вещества, биологически более доступного, то есть глюкозы. Эта форма практически не мигрирует, а остается на месте и участвует в формировании гумусового вещества почвы.

Углерод веществ, биологически менее доступных, мигрирует до тех пор, пока не трансформируется в биологически более доступную форму и не будет захвачен почвенными микроорганизмами. Данная форма углерода, по-видимому, участвует в формировании гумусовых веществ в слоях почвы, расположенных ниже подстилки. Из этого можно заключить, что включение углерода, образующегося при разложении

растительных остатков в состав плазмы почвенных микроорганизмов, является первичным механизмом включения углерода в состав высокомолекулярных веществ. При этом для закрепления углерода в составе высокомолекулярных веществ и последующего включения его в гумусовые вещества почвы необходимым условием является период консервации процессов жизнедеятельности микроорганизмов для предотвращения минерализации до простых веществ. В условиях таежно-лесной зоны таким периодом, по-видимому, является период низких положительных температур в позднеосеннее время, когда процессы поглощения веществ почвенными микроорганизмами еще происходят, а минерализация – уже нет. Это подтверждает гипотезу об участии микроорганизмов в процессе гумусообразования и определяет их место и роль в данном процессе.

Работа выполнена за счет средств Программы развития университета в рамках Программы стратегического академического лидерства «Приоритет-2030»

Библиографический список

1. Александровский А.Л., Чичагова О.А. Радиоуглеродный возраст палеопочв голоцена в лесостепи Восточной Европы // Почвоведение. – 1998. – № 12. – С. 1414–1422.
2. Глинушкин А.П., Соколов М.С. Роль гумуса почвы в адаптации агрофенотипа к изменению климата земли // Успехи современной науки. – 2017. – Т. 2, № 9. – С. 15–19.
3. Журавлева О.С., Торшин С.П., Смолина Г.А. Сезонные изменения скорости потерь органических веществ в почвах подзолистого типа // Радиоэкологические последствия радиационных аварий – к 35-й годовщине аварии на ЧАЭС: Сборник докладов Международной научно-практической конференции, Обнинск, 22–23 апреля 2021 г. – Обнинск: ФГБНУ ВНИИРАЭ, 2021. – С. 258–261.
4. Коротков А.А., Новицкий М.В. Скорость разложения и характер превращения органических остатков в дерново-подзолистых почвах // Западный СХИ. – 1968. – Т. 117. – Вып. 1. – С. 127–140.
5. Кудеяров В.Н. Дыхание почв и биогенный сток углекислого газа на территории России (аналитический обзор) // Почвоведение. – 2018. – № 6. – С. 43–658.
6. Орлов Д.С. Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации / Д.С. Орлов. – Москва: Изд-во МГУ, 1990. – 324,[1] с.: ил.; 22 см.; ISBN5–211–00934–7 (В пер.): 4 р. 40 к.
7. Фокин А.Д. Динамическая характеристика гумусового профиля подзолистой почвы // Известия ТСХА. – 1975. – № 4. – С. 80–88.
8. Фокин А.Д., Журавлева О.С. Сезонные особенности превращения и транспорта урацила, глицина и глюкозы в почвах подзолистого типа // Почвоведение. – 2009. – № 4. – С. 412–418.
9. Фокин А.Д., Карпунин А.И. Включение продуктов разложения растительных остатков в гумусовые вещества // Почвоведение. – 1974. – № 11. – С. 72–78.
10. Фокин А.Д., Карпунин А.И. Применение гелевой хроматографии для изучения фульвокислот и железозульфатных соединений // Особенности почвенных процессов дерново-подзолистых почв: Сборник докладов. – М.: ТСХА, 1977. – С. 131–136.
11. Batjes N.H. Harmonized soil property values for broad-scale modelling (WISE30sec) with estimates of global soil carbon stocks // Geoderma. – 2016. – V. 269. – Pp. 61–68.

12. *Blet-Charaudeau C., Muller J., Laudelout H.* Kinetics of Carbon Dioxide Evolution in Relation to Microbial Biomass and Temperature // *Soil Sci. Soc. Amer. J.* – 1990. – V. 54, № 5. – Pp. 1324–1329.
13. *Gerd Gleixner.* Soil organic matter dynamics: a biological perspective derived from the use of compound-specific isotopes studies // *Ecol. Res.* – 2013. – № 28. – Pp. 683–695.
14. *Lehmann J., Kleber M.* The contentious nature of soil organic matter // *Nature.* – 2015. – № 528. – Pp. 60–68.
15. *Pierrehumbert R.T.* Warming the world: Greenhouse effect: Fourier's concept of planetary energy balance is still relevant today // *Nature.* – 2004. – № 432. – P. 677.
16. *Post W.M., Emanuel W.R., King A.W.* Soil organic matter dynamics and the global carbon cycle // *World Inventory of Soil Emission Potentials.* – Wageningen, 1992. – Pp. 107–119.

CONVERSIONS OF URACIL, GLYCINE, AND GLUCOSE ARRIVING IN FOREST LITTER OF SOD-PODZOLIC SOIL AS LITTER COMPOUNDS

O.S. ZHURAVLEVA, S.P. TORSHIN

(Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy)

In model experiments under forest ecosystem conditions, samples of partially decomposed forest litter and soil from a 0–10 cm layer containing ¹⁴C-labeled organic matter were selected. The label was introduced in the form of low molecular weight water-soluble organic substances of individual nature – glycine, uracil and glucose together with unlabelled plant litter in nylon bags. The experiment was carried out in the late autumn period on the territory of the Malinsky forestry, 20 km south-west of Moscow, on a medium loamy sod-podzolic soil. For the study, samples were taken from two selection periods – 40 days after labelling and after two years. The selected samples were extracted and separated into soil organic matter fractions containing ¹⁴C in their composition, followed by radiometry. The results showed differences in the transformation and incorporation of radiocarbon of the studied products – glycine, uracil, and glucose into different fractions of soil organic matter of low molecular weight water-soluble substances, depending on their nature.

Key words: soil, humus, humus formation, behavior of glycine, uracil, glucose in soil, low molecular weight water-soluble soil organic matter.

References

1. *Aleksandrovskiy A.L., Chichagova O.A.* Radiocarbon age of Holocene paleosols in the forest-steppe of Eastern Europe. *Pochvovedenie.* 1998; 12: 1414–1422. (In Rus.)
2. *Glinushkin A.P., Sokolov M.S.* Role of soil humus in the adaptation of the agrosphere to climate change of the Earth. *Uspekhi sovremennoy nauki.* 2017; 2; 9: 15–19. (In Rus.)
3. *Zhuravleva O.S., Torshin S.P., Smolina G.A.* Seasonal changes in the rate of loss of organic matter in podzolic soils. *Radioekologicheskie posledstviya radiatsionnykh avariy – k 35-oy godovshchine avarii na CHAES: Sbornik dokladov mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, Obninsk, 22–23 aprelya 2021 g.* Obninsk: FGBNU VNIIRAE. 2021: 258–261. (In Rus.)
4. *Korotkov A.A., Novitskiy M.V.* The rate of decomposition and the nature of the transformation of organic residues in soddy-podzolic soils. *Zap. SKHI.* 1968; 117; 1: 127–140. (In Rus.)

5. *Kudeyarov V.N.* Soil respiration and biogenic carbon dioxide sink in Russia (analytical review). *Pochvovedenie*. 2018; 6: 43–658. (In Rus.)
6. *Orlov D.S.* Soil humic acids and the general theory of humification. M.: Izd-vo MGU, 1990: 325. (In Rus.)
7. *Fokin A.D.* Dynamic characteristics of the humus profile of podzolic soil. *Izvestiya TSKhA*. 1975; 4: 80–88. (In Rus.)
8. *Fokin A.D., Zhuravleva O.S.* Seasonal features of transformation and transport of uracil, glycine and glucose in podzolic soils. *Pochvovedenie*. 2009; 4: 412–418. (In Rus.)
9. *Fokin A.D., Karpukhin A.I.* Inclusion of decomposition products of plant residues into humic substances. *Pochvovedenie*. 1974; 11: 72–78. (In Rus.)
10. *Fokin A.D., Karpukhin A.I.* Application of gel chromatography for the study of fulvic acids and iron-fulvate compounds. *Osobennosti pochvennykh protsessov derno-vo-podzolistykh pochv: Sbornik dokladov*. M.: TSKhA. 1977: 131–136. (In Rus.)
11. *Batjes N.H.* Harmonized soil property values for broad-scale modelling (WISE-30sec) with estimates of global soil carbon stocks. *Geoderma*. 2016; 269: 61–68.
12. *Blet-Charaudeau C., Muller J., Laudelout H.* Kinetics of Carbon Dioxide Evolution in Relation to Microbial Biomass and Temperature. *Soil Sci. Soc. Amer. J.* 1990; 54; 5: 1324–1329.
13. *Gerd Gleixner.* Soil organic matter dynamics: a biological perspective derived from the use of compound-specific isotopes studies. *Ecol. Res.* 2013; 28: 683–695.
14. *Lehmann J., Kleber M.* The contentious nature of soil organic matter. *Nature*. 2015; 528: 60–68.
15. *Pierrehumbert R.T.* Warming the world: Greenhouse effect: Fourier's concept of planetary energy balance is still relevant today. *Nature*. 2004; 432: 677.
16. *Post W.M., Emanuel W.R., King A.W.* Soil organic matter dynamics and the global carbon cycle. *World Inventory of Soil Emission Potentials*. Wageningen. 1992: 107–119.

Журавлёва Ольга Станиславовна, старший преподаватель кафедры агрономической, биологической химии и радиологии РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел.: (499) 976–40–24; e-mail: vselgira@rambler.ru

Торшин Сергей Порфирьевич, д-р биол. наук, профессор кафедры агрономической, биологической химии и радиологии РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел.: (499) 976–40–24; e-mail: sptorshin@rambler.ru

Olga S. Zhuravleva, senior teacher, Department of Agrochemistry, Biochemistry and Radiology, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49, Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russian Federation; phone: (499) 976–40–24; E-mail: vselgira@rambler.ru)

Sergey P. Torshin, DSc (Bio), Professor, of the Department of Agrochemistry, Biochemistry and Radiology, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49, Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russian Federation; phone: (499) 976–40–24; E-mail: sptorshin@rambler.ru)

ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ
ERYTHRONIUM CAUCASICUM WORONOW В ПРИРОДЕ И КУЛЬТУРЕ

Т.Н. ИСАЕНКО

(Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр»)

Мониторинг *Erythronium caucasicum* Woronow (кандык кавказский), семейство *Liliaceae*, на территории Ставропольской возвышенности проводится с 2010 г. Кандык кавказский – гляциальный реликт, занесен в Красные книги Российской Федерации, Ставропольского края и других регионов. У нас в крае это исчезающий вид, статус 1 (Е), имеющий точечные ареалы (категория охраны III). Научно-исследовательская работа проводилась в динамике на территории ООПТ «Русский лес» и в Ставропольском ботаническом саду: в искусственно-созданных лесных формациях и на экспозиционном участке «Редкие и исчезающие виды». Пункты наблюдений за состоянием кандыка кавказского находятся в одной (III) природно-климатической зоне недостаточного увлажнения. Целью исследований является определение современного состояния кандыка кавказского, произрастающего в разных эколого-биологических условиях. Исследовательская работа проводилась на стационарных площадках (1 м²) и при маршрутном обследовании. Для оценки состояния популяций использованы возрастная структура, индекс возобновления, основные морфологические показатели растений (высота, длина и ширина листьев, диаметр цветка и др.). В результате наблюдений 2010–2022 гг. установлено, что в природных местах обитания популяция площадью 10 га является растущей. Исключение составил 2021 год. Предполагаем, что неблагоприятные погодные условия предыдущих лет (засуха 2018–2020 гг.) и рельеф местности (склон Ставропольской горы) повлияли на отсутствие растений на всей территории. В 2022 г. популяция восстановилась. В нижней части Русского леса на площади 4 га популяция является стабильной, на площади 3 га – сокращающейся. На территории Ставропольского ботанического сада в дубово-грабово-ясеневом лесу площадь, занимаемая кандыком, в сравнении с 2013 г. увеличилась, растения цветут, плодоносят, отмечено преимущество молодых прегенеративных особей. В декоративной группе, где состав древесно-кустарниковых пород не соответствует составу широколиственных лесов, в его природных местах обитания отсутствуют ювенильные особи, отмечен низкий индекс возобновления. На мелкоделяночных грядках вид недостаточно устойчив, плодоношение отсутствует, растения находятся в угнетенном состоянии.

Ключевые слова: кандык кавказский, редкие и исчезающие виды, мониторинг, адаптационные особенности, онтогенетический спектр, биоморфологические показатели, жизнеспособность популяций

Введение

Экологический мониторинг – это система наблюдений за природой, биологическими объектами, экологическими процессами. Мониторинг – инструмент, который позволяет определить, достаточно ли корректно по отношению к живой природе осуществляется

хозяйствование, выявляет конфликтные ситуации, обеспечивает сопровождение природоохранных действий для оценки их эффективности и корректировки [9].

Известно, что сохранение растительных сообществ и отдельных видов *in situ* является предпочтительным по отношению к сохранению *ex situ*. Однако масштабы разрушения биоценозов во многих регионах часто не оставляют возможностей для сохранения растений в естественных условиях [1]. При интродукции гетерогенного исходного материала необходимо познать закономерности биоморфологической изменчивости растений, вскрыть диапазон экологической амплитуды и физиологии адаптации растений и составить прогноз на возможность его «спасения» в ботаническом саду. В работе с редкими видами необходимо показать состояние редкого вида в динамике. Интродуктор, через сколько бы лет он ни начал работать с интродуцентом после переноса последнего в ботанический сад, должен иметь закодированную информацию о виде и об истории выживания его в культуре [16].

Erythronium caucasicum Woronow (кандык кавказский), семейство *Liliaceae*, – гляциальный реликт, основной ареал которого представлен в Западном Закавказье, на Черноморском побережье, в окрестностях г. Майкопа. Встречается он также в Северном Иране и в горах Эльбруса. В крае произрастает на Ставропольской возвышенности, в основном на территории лесных массивов г. Ставрополя и его окрестностей. Занесен в Красные книги Грузии, Российской Федерации, Краснодарского и Ставропольского краев. У нас в регионе это исчезающий вид, статус 1 (E), имеющий точечные ареалы (категория охраны III) [4].

В Ставропольском ботаническом саду (СБС) кандык кавказский произрастает в коллекции редких и исчезающих видов и в искусственно созданных лесных формациях. В течение 50 лет на территории СБС создавались экспозиционные модели травянистых и древесно-кустарниковых формаций, где отражены разнообразие и состав растительных сообществ, в том числе редких видов. С середины 90-х гг. исследовательская работа с охраняемыми растениями в саду была ослаблена, восстановление коллекции и изучение ее возобновлены в 2008 г. [5, 10].

В природе наблюдения проводились на территории ООПТ «Русский лес». Государственный природный заказник расположен в северо-западной части г. Ставрополя, исследуемая территория в Русском лесу находится в 16 км от ботанического сада. Общая площадь Русского леса составляет 8312,51 га, площадь заказника – 6774,67 га. Пункты наблюдений за состоянием кандыка кавказского находятся в одной (III) природно-климатической зоне недостаточного увлажнения. Почвы (в ботаническом саду и на территории ООПТ «Русский лес») представлены черноземом выщелоченным среднесиловым малогумусным тяжелосуглинистым.

Цель исследований: изучить современное состояние *Erythronium caucasicum*, произрастающего в разных эколого-биологических условиях. Для достижения цели были поставлены задачи: провести сравнительный анализ биоморфологических показателей; определить показатель жизнеспособности кандыка кавказского в природных местах обитания, в условиях, приближенных к естественным, и на мелкоделяночных грядах.

Материал и методы исследований

Научно-исследовательская работа по изучению состояния кандыка кавказского в динамике на территории ООПТ «Русский лес» и на экспозиционных участках Ставропольского ботанического сада проводилась по следующим методическим указаниям: Денисова Л.В. и др., 1986 [3]; Клиникова Г.Ю., Супрун Н.А., 2006 [8]; Клиникова Г.Ю., 2011; Методика фенологических наблюдений, 1975 [11]; Elzinga, Caril L., Salzer D.W. & Willoughby J.W., 1998 [17].

Мониторинг в природе проводился по приведенной ниже схеме.

1-й этап – определение территориального размещения популяции *Erythronium caucasicum*, ее протяженности в пространстве, приуроченности к определенным фитоценозам;

2-й этап – характеристика видового состава фитоценоза, в котором существует популяция;

3-й этап – детальное изучение популяции, включающее в себя определение тех показателей, от которых зависит ее существование и перспективы сохранения, то есть общая численность популяции, плотность особей, возрастной спектр, способ возобновления.

В культуре это:

1. Организация экспериментально-коллекционного участка.
2. Перенос растений на этот участок из природы.
3. Проведение фенологических наблюдений, изучение устойчивости растений в культуре (устойчивость к погодным условиям, а также к вредителям и болезням).

В искусственно созданных лесных формациях это:

1. Инвентаризация редких видов.
2. Определение площади популяции кандыка кавказского.
3. Определение объема и общей жизнеспособности популяции, которая определялась по пятибалльной шкале (Соболевская, 1984).

Результаты и их обсуждение

Научно-исследовательская работа по изучению адаптационных особенностей *Erythronium caucasicum* на территории Ставропольской возвышенности проводится в разных эколого-биологических условиях.

Изучение современного состояния *Erythronium caucasicum* в динамике на территории ООПТ «Русский лес» проводилось в период 2010–2022 гг. Поиск популяции осуществлялся на участке леса с использованием данных предыдущих исследователей. Расположена популяция вдоль дороги, ведущей в район садовых и дачных товариществ (окрестности хутора Молочный); ее длина составляет 2,3 км, слева и справа от дороги ширина варьирует от 40 до 45 м; ориентировочная площадь популяции – 10 га. Основными лесобразующими породами являются *Carpinus betulus* L. (граб обыкновенный), *Quercus robur* L. (дуб черешчатый), *Fraxinus excelsior* L. (ясень высокий). Встречаются *Acer campestre* L. (клен полевой), *Crataegus pentagyna* Waldst. & Kit. ex Willd. (боярышник черноплодный) и др. Среди кустарников наиболее обильными являются *Euonymus europaeus* L. (бересклет европейский), *Sambucus nigra* L. (бузина черная), *Swida australis* Pojark. ex Grossh. (свидина южная), *Ligustrum vulgare* L. (бирючина обыкновенная) [2]. На обследуемой территории в травянистом покрове преобладают *Carex sylvatica* Huds. (осока лесная), *Galanthus caucasicus* Grossh. (подснежник кавказский), *Allium ursinum* L. (лук медвежий), *Scilla sibirica* Haw. (пролеска сибирская), *Arum maculatum* L. (аронник пятнистый), *Corydalis Marschalliana* Pers. (хохлатка Маршалла), *Cardamine quinquefolia* Schmalh. (зубянка пятилистная).

В первые годы организации сада (1961–1963) проводились работы по созданию искусственных лесных формаций. Все посадки производились на свободных от растительности вспаханных участках. На территорию создаваемых искусственных формаций высаживались различные группы древесно-кустарниковых пород согласно архитектурно-дендрологическому проекту [15]. Мониторинг состояния искусственно-воссозданных лесных и природных формаций показал соответствие их заданным моделям. В ноябре 1965 г. в травяной ярус дубово-грабово-ясеневое леса

и декоративной группы (в небольшом количестве) на площади 3–5 м² был интродуцирован обитатель лиственных лесов *Erythronium caucasicum*. Научно-исследовательская работа по изучению его современного состояния в искусственных лесных ценозах проводится с 2013 г. [7].

Исследования по изучению адаптационных особенностей *Erythronium caucasicum* в культуре начаты в 2010 г. Количество посаженных растений – 9; площадь мелкоделяночной грядки 1,2 м², расположенной на теневой части коллекционного участка [6].

Для определения виталитета (показатель жизнестойкости растений) включены основные признаки, отражающие жизнестойкость кандыка кавказского в природе, в условиях, приближенных к естественным, и в культуре. Используя результаты многолетних наблюдений, в таблицах приводим усредненные данные.

Таблица 1

Сравнительный анализ биоморфологических показателей *Erythronium caucasicum*, произрастающего в разных экологических условиях

Место произрастания, площадь	Высота надземной части с соцветием, см	Длина луковицы, диаметр, см	Глубина произрастания луковицы, см	Листья, см		Начало цветения, год	Продолжительность цветения, дни	Цветок, см	Коробочка, см	Кoeffициент продуктивности, %
				длина	ширина			диаметр	высота диаметр	
Окр. хутора Молочный, 10 га	17,2	$\frac{4,3}{1,2}$	20,0	$\frac{12,4}{4,5}$		12.03.2016	16	7,5	$\frac{1,6}{1,3}$	71,4
Дубово-грабово-ясеневый лес, 800 м ²	15,0	$\frac{4,0}{1,0}$	21,5	$\frac{9,8}{4,1}$		10.03.2020	18	7,3	$\frac{1,4}{1,2}$	59,2
Декоративная группа, 70 м ²	13,3	–	–	$\frac{9,2}{4,0}$		13.03.2020	18	5,8	–	–
Коллекция редких и исчезающих видов, 1,2 м ²	12,1	–	–	$\frac{9,3}{4,0}$		15.03.2016	20	5,3	–	–

По высоте растений, длине и ширине листьев, габитусу цветка и репродуктивного органа наилучшие показатели кандыка кавказского получены в природных местах его обитания и в дубово-грабово-ясеневом лесу на территории СБС. Луковица его имеет беловатый цвет, небольшой диаметр, ее длина составляет более 4,0 см; залегает она на глубине более 20 см. Параметры луковицы взяты в местах скопления особей для дополнительной характеристики морфологии растения.

В результате ежегодных фенологических наблюдений установлено, что всходы кандыка кавказского в нашей зоне появляются в зависимости от погодных условий и в разное время. Наиболее ранним сроком является начало марта [13]. Зацветает в середине марта – начале апреля, через 7–10 дней после появления всходов. Массовое засыхание цветов отмечено в I декаде апреля.

**Результаты мониторинга популяций *Erythronium caucasicum*
на территории ООПТ «Русский лес»**

Координаты	Площадь, га	Год обследования	Плотность популяции на 1 м ²	Онтогенетический (возрастной) спектр, %			Устойчивость к болезням, %	Индекс возобновления	Виталитет, балл	
				g	v	j				
от 45°2'34» N 41°51'28» E H = 601 м до 45°3'12» N 41°50'27» E H = 615 м	10	2010	25	36,0	24,0	40,0	–	1,8	5	
		2011	21	28,6	47,6	23,8	7,7	2,5	5	
		2012	12	16,7	50,0	33,3	11,8	5,0	5	
		2014	15	15,0	46,7	33,3	–	5,3	5	
		2017	7	28,6	42,8	28,6	5,1	2,5	5	
		2021	–	–	–	–	–	–	–	–
		2022	6	33,3	50,0	16,7	–	2,0	5	
45°2'38.345» N41°52'15.852» E H = 624 м	4	2021	8	50,0	40,0	10,0	–	1,0	4	
45°2'40» N 41°52'14» E H = 619 м	3	2022	5	60,0	40,0	0	–	0,7	3	

Изучаемая популяция в ООПТ «Русский лес» расположена на склоне Ставропольской горы. Ее начальная и конечная точки координат указаны в таблице 2. Научно-исследовательская работа проводилась на стационарных площадках (1 м²), заложенных вдоль дороги. При определении структуры популяции установлено как случайное (среда однородна, растения не стремятся объединяться в группы), так и групповое распределение особей (в силу взаимного существования при близком размещении) (рис. 1).

В связи с тем, что площадь изучаемой популяции является очень большой (мы исключили расчетную численность по формуле), согласно принятой шкале, при глазомерной оценке численность особей кандыка кавказского определена более чем в 1000 экземпляров. В таблице приводятся усредненные данные по плотности общего количества растений на 1 м². Наилучшие показатели по численности и по плотности особей в популяции отмечены в начале проведения исследовательской работы [12]. При определении плотности на стационарных площадках производился подсчет поврежденных растений ржавчиной. Вредители не обнаружены.

Наиболее благоприятные условия для проявления ржавчины на листьях растений сложились в 2012 г. Проявление ржавчины (в разной степени) в отдельные годы оказало незначительное влияние на общее состояние популяции: была снижена декоративность растений, гибели особей от поражений ржавчиной не наблюдалось.

Для оценки состояния популяций использованы возрастная структура и индекс возобновления. Возрастная структура является показателем состояния ценно-популяций кандыка кавказского на пробных площадках. В 2010–2017 гг. изучаемая популяция отмечена как растущая, так как в спектре по каждому году преобладают молодые нерепродуктивные особи. По индексу возобновления получены результаты, подтверждающие преимущество в популяции молодых прегенеративных особей.

В связи с тем, что все изучаемые популяции расположены на небольшом расстоянии друг от друга и в одной агроклиматической зоне, в таблице 3 приводим среднегодовые показатели метеопоста СБС.

Таблица 3

Температура воздуха, количество осадков в 2010–2022 гг.

Показатели	Год										Много-летние
	2010	2011	2012	2014	2017	2018	2019	2020	2021	2022	
Среднесуточная t°С воздуха	11,9	8,8	10,0	10,4	9,3	11,5	11,4	9,9	10,4	10,7	7,5
Осадки, мм	685,2	693,9	730,1	831,3	843,6	630,5	594,5	518,0	1013,2	711,5	720,0

В результате изучения состояния популяций кандыка кавказского в динамике установлено отсутствие растений в окрестностях хутора Молочный (площадь 10 га) в 2021 г. Продолжительный засушливый период 2018–2020 гг. на Ставропольской возвышенности отрицательно повлиял на устойчивость вида, что мы связываем с неблагоприятными погодными условиями, сложившимися в предыдущие годы, и рельефом местности.

2018–2022 гг. характеризуются небольшим снежным покровом в зимние месяцы, малым количеством осадков в весенний период, жарким летом (максимальные абсолютные температуры достигали 35–37°С). Неравномерное распределение осадков, в основном ливневого характера (по многолетним данным годовая норма осадков составляет 720 мм), в летний период сопровождалось сильными восточными ветрами. Засуха в окрестностях Ставрополя отмечалась с июня по сентябрь. Предполагаем, что в отсутствии растений кандыка кавказского на этой территории основную роль сыграл рельеф, так как осадки ливневого характера не задерживались в почве по причине склона, на котором расположена популяция. А поскольку кандык кавказский по отношению к влажности является мезофитом (не переносит засуху), то при сильном обезвоживании растения могут впасть в анабиоз. В этом состоянии прекращаются все обменные процессы, а сохраняется лишь потенциальная способность к обмену, и при наличии благоприятных условий происходит их возобновление [14]. В 2022 г. отмечено восстановление популяции, когда на стационарных площадках преобладали прегенеративные особи.

В нижней части ООПТ «Русский лес» в то же время, в 2021 г., на площади 4 га при маршрутном обследовании (I уровень мониторинга) установлена стабильная популяция кандыка кавказского. В 2022 г., в другой точке на площади 3 га, не обнаружены ювенильные особи, что характеризует данную популяцию как сокращающуюся. Следует отметить, что кандык в нижней части леса на значительно большей территории встречается редко, с преобладанием генеративных растений.



Рис. 1. *Erythronium caucasicum* в ООПТ «Русский лес»

Таблица 4

Состояние *Erythronium caucasicum* на экспозиционных участках СБС

Название места произрастания	Площадь популяции, м ²	Плотность на 1 м ²	Онтогенетический (возрастной) спектр, %			Индекс возобновления	Жизненность, балл
			g	v	j		
Дубово-грабово-ясеневый лес	800	8	37,5	25,0	37,5	1,7	5
Декоративная группа	70,0	0,37	75,0	25,0	0	0,3	3
Коллекция редких и исчезающих видов	1,2	7	6	1	0	0,2	1

Характеристика видового состава фитоценоза в дубово-грабово-ясеновом лесу соответствует растительному сообществу в природных местах обитания кандыка кавказского (рис. 2а). Площадь популяции, занимаемая кандыком в этой искусственно-созданной лесной формации, увеличилась в сравнении с 2013 г. на 110 м² (Исаенко Т.Н., 2018). Популяция является растущей: растения цветут, плодоносят, дают самосев (табл. 4).

В декоративной группе преобладают генеративные особи *Erythronium caucasicum*; отсутствуют ювенильные, отмечен низкий индекс возобновления. По соотношению возрастных групп эта малочисленная популяция (26 особей) является сокращающейся. Неустойчивость вида в этом искусственном ценозе нами связывается с местом произрастания, где доминирующими породами являются *Acer platanoides* L. (клен остролистный), *Pinus sylvestris* L. (сосна обыкновенная), *Betula pendula* Roth (береза бородавчатая). Из кустарников произрастает только *Ligustrum vulgare* L. (бирючина обыкновенная), что не соответствует составу древесно-кустарниковых пород в естественных условиях. Проективное покрытие травяного покрова составляет менее 50%, преобладают *Convallaria transcaucasica* Utkin ex Grossh. (ландыш закавказский), *Helleborus caucasicus* A.B. (морозник кавказский), *Doronicum orientale* Hoffm. (дороникум восточный), *Crocus vernus* Hill (крокус весенний) и др.

В экспозиции «Редкие и исчезающие виды» кандык кавказский произрастает на мелкоделяночной грядке, где абсолютно отсутствует травяной покров. За период произрастания выпало два растения, одно сохранилось в вегетативном состоянии, ювенильные отсутствуют; генеративные находятся в угнетенном состоянии (рис. 2б).



Рис. 2. *Erythronium caucasicum*:
a – в дубово-грабово-ясеневой формации; *б* – на коллекционном участке

В связи с отрицательным результатом интродукции *Erythronium caucasicum* в культуру нами рекомендуется не повторять опыт выращивания вида на мелких делянках. Для сохранения кандыка кавказского в ботанических садах необходимо создавать искусственные ценозы, где условия выращивания будут максимально приближенными к естественным, или оставлять растения в природных местах его обитания.

Выводы

В результате научно-исследовательской работы по изучению современного состояния *Erythronium caucasicum* в динамике на Ставропольской возвышенности установлено, что:

1. На территории ООПТ «Русский лес», в разных его точках, отмечены популяции растущие, стабильные и сокращающиеся. По оценке состояния особей в разные годы, наивысший балл жизненности отмечен в популяции, расположенной на склоне Ставропольской горы окрестности хутора Молочный (площадь – 10 га).

2. В условиях, приближенным к естественным, в искусственно-созданной дубово-грабово-ясеневой формации на территории Ставропольского ботанического сада в сравнении с 2013 г. площадь популяция кандыка кавказского увеличилась. Растения выглядят нормально развитыми, цветут, плодоносят, дают потомство.

3. По оценке состояния кандыка кавказского в культуре, в экспозиции «Редкие и исчезающие виды» получен отрицательный результат исследований: генеративные растения находятся в угнетенном состоянии, отсутствует семенное воспроизводство, на мелкоделяночных грядках кандык неустойчив в выращивании.

4. Приуроченность к фитоценозу в природных местах обитания *Erythronium caucasicum* и отсутствие растительного сообщества на мелкоделяночных грядках являются основной причиной полученного отрицательного результата его интродукции в культуру.

Библиографический список

1. Горбунов Ю.Н., Дзыбов Д.С. и др. Методические рекомендации по реинтродукции редких и исчезающих видов растений. – Тула, 2008. – 55 с.
2. Гречушкина-Сухорукова Л.А., Белоус В.Н., Исаенко Т.Н. К современному состоянию древесных насаждений Ставропольских городских лесов. // Научное

- наследие Н.Я. Динника и его роль в развитии современного естествознания. – Ставрополь, 1997. – С. 45–53.
3. Денисова Л.В., Никитина С.В., Заугольная Л.Б. Программа и методика наблюдений за ценопопуляциями видов растений Красной книги СССР. – Москва, 1986. – 33 с.
4. Иванов А.Л. Красная книга Ставропольского края. – Изд-во: Самара, ИП Андреев Игорь Владимирович, 2013. – Т. 1. – 399 с.
5. Исаенко Т.Н. Редкие виды травянистых растений в Ставропольском ботаническом саду и их устойчивость в культуре // Вестник АПК Ставрополья. – 2015. – № 1 (17). – С. 237–240.
6. Исаенко Т.Н. Редкие виды травянистых растений в экспозициях Ставропольского ботанического сада // Сохранение биоразнообразия растительного мира в ботанических садах: традиции, современность, перспективы: Материалы Международной конференции. – 2016. – С. 126–127.
7. Исаенко Т.Н. Современное состояние редких травянистых растений в искусственных лесных формациях Ставропольского ботанического сада // Известия ТСХА. – 2018. – № 5. – С. 18–29.
8. Клинкова Г.Ю., Супрун Н.А. Методические рекомендации по изучению популяций редких видов растений и их местообитаний, занесенных в Красную книгу Волгоградской области. – Волгоград, 2006. – 17 с.
9. Клинкова Г.Ю., Супрун А.В., Луконина А.В. Мониторинг и оценка состояния ценных ботанических объектов // Популяции редких видов растений. – Волгоград, 2011. – Ч. I. – 64 с.
10. Кожевников В.И., Шевченко Г.Т., Селиверстова Е.Н., Исаенко Т.Н. Современное состояние редких видов на Ставрополье // Проблемы экологической безопасности и сохранение природно-ресурсного потенциала: Материалы международной научно-практической конференции. – 2010. – С. 82–83.
11. Методика фенологических наблюдений в ботанических садах СССР. – Москва, 1975. – 22 с.
12. Отчет об итогах научной производственной деятельности за 2011 год / В.В. Храпач, М.А. Кольцова, Л.А. Гречушкина-Сухорукова Е.Н., Селиверстова С.А. Бардакова, Т.Н. Исаенко и др.
13. Пополнить генетические коллекции древесных, травянистых, тропических и субтропических растений, хозяйственно значимых для северо-кавказского региона: Отчет о НИР (Российская академия сельскохозяйственных наук) / В.И. Кожевников, С.А. Бардакова, Т.Н. Исаенко и др.; Отчет о НИР (Федеральное агентство научных организаций).
14. Плантариум: открытый онлайн атлас-определитель растений и лишайников России и сопредельных стран. 2007–2020. – URL: <https://www.plantarium.ru/page/view/item/48880.html> (дата обращения: 20.12.2022).
15. Скрипчинский В.В. Природоохранные исследования, проведенные в ботаническом саду // Охрана и рациональное использование растительного мира Ставропольского края: Сборник трудов Ставропольского ордена «Знак Почета» НИИ сельского хозяйства. – 1986. – С. 5–15.
16. Соболевская К.А. Исчезающие растения Сибири в интродукции: М. – Новосибирск, 1984. – 219 с.
17. Elzinga, Caril L., Salzer D.W. & Willoughby J.W. 1998. Measuring and monitoring plant populations. BLM Tech. Reference 1730–1.BLM/RS/ST-98/005+1730. Available from Bureau of Land Management, National Business Center BC-650B, PO Box 25047, Denver, CO 80225–0047. – URL: <http://www.blm.gov/nstc/library/pdf/MeasAndMon.pdf>.

EVALUATION OF THE CURRENT STATE OF *ERYTHRONIUM CAUCASICUM* WORONOW IN NATURE AND CULTURE

T.N. ISAENKO

(North Caucasus Federal Agrarian Research Centre)

Monitoring of Erythronium caucasicum Woronow (Caucasian kandyk), family Liliaceae on the territory of the Stavropol upland has been carried out since 2010. The Caucasian Kandyk is a glacial relic, listed in the Red Books of the Russian Federation, Stavropol Territory and other regions. In our region, this is an endangered species, status 1 (E), having point ranges (protection category III). The research work was carried out on the dynamics of the Russkiy Les Protected Area and Stavropol Botanical Garden: in artificially created forest formations and on the exposition site Rare and Endangered Species. Observation points for the condition of the Caucasian kandyk are located in one (III) natural-climatic zone of insufficient moisture. The aim of the research work is to determine the current state of the Caucasian kandyk under different ecological and biological conditions. The research work was carried out on stationary sites (1 m²) and during the route survey. The age structure, the renewal index, and the main morphological parameters of plants (height, leaf length and width, flower diameter, etc.) were used to evaluate the state of populations. As a result of the observations carried out in 2010–2022, the population with of 10 ha was found to be growing in natural habitats. The exception was 2021: we assume that unfavorable weather conditions of previous years (drought 2018–2020) and terrain (slope of Stavropol Mountain) affected the absence of plants throughout the territory. In 2022, the population has recovered. In the lower part of the Russkiy Les, on an area of four hectares, the population is stable; on an area of three hectares, it is declining. On the territory of the Stavropol Botanical Garden in the oak-hornbeam-ash forest, the area occupied by kandyk has increased in comparison with 2013, the plants are blooming and fruiting, the advantage of young, pregenerative individuals was noted. In the ornamental group, where the composition of tree and shrub species does not correspond to that of broad-leaved forests, there are no juveniles in its natural habitats, and a low renewal index is noted. On small plot beds, the species is insufficiently stable, there is no fruiting, the plants are in a depressed state.

Key words: Caucasian kandyk, rare and endangered species, monitoring, adaptive features, ontogenetic spectrum, biomorphological indicators, vitality of populations.

References

1. Gorbunov Yu.N., Dzybov D.S. et al. Methodological guidelines for the reintroduction of rare and endangered plant species. Tula, 2008: 55. (In Rus.)
2. Grechushkina-Suhorukova L.A., Belous V.N., Isaenko T.N. Towards the current state of tree plantations in Stavropol city forests. Nauchnoe nasledie N.Ya. Dinnika i ego rol' v razvitií sovremennogo estestvoznaniya. Stavropol'. 1997: 45–53. (In Rus.)
3. Denisova L.V., Nikitina S.V., Zaugol'naya L.B. Observation programme and methodology for the cenopopulations of plant species in the Red Book of the USSR. Moscow, 1986: 33. (In Rus.)
4. Ivanov A.L. Red Book of Stavropol Territory. Izd-vo: Samara, IP Andreev Igor' Vladimirovich, 2013; 1: 399. (In Rus.)
5. Isaenko T.N. Rare species of herbaceous plants in the Stavropol Botanical Garden and their persistence in culture. Vestnik APK Stavropol'ya. 2015; 1 (17): 237–240. (In Rus.)
6. Isaenko T.N. Rare species of herbaceous plants in the expositions of the Stavropol Botanical Garden. V sbornike: Sokhranenie bioraznoobraziya rastitel'nogo mira

v botanicheskikh sadakh: traditsii, sovremennost', perspektivy. Materialy Mezhdunarodnoy konferentsii. 2016: 126–127. (In Rus.)

7. *Isaenko T.N.* Current status of rare herbaceous plants in artificial forest formations in the Stavropol Botanical Garden. *Izvestiya Timiryazevskoy sel'skokhozyaystvennoy akademii*. 2018; 5: 18–29. (In Rus.)

8. *Klinkova G.Yu., Suprun N.A.* Methodological recommendations for studying populations of rare plant species and their habitats included in the Red Book of Volgograd Oblast. Volgograd, 2006: 17. (In Rus.)

9. *Klinkova G.Yu., Suprun A.V., Lukonina A.V.* Monitoring and assessment of valuable botanical sites. Part I. Populyatsii redkikh vidov rasteniy. Volgograd, 2011: 64. (In Rus.)

10. *Kozhevnikov V.I., Shevchenko G.T., Seliverstova E.N., Isaenko T.N.* Sovremennoye sostoyaniye redkikh vidov na Stavropol'ye. V sbornike: Problemy jekologicheskoy bezopasnosti i sohranenie prirodno-resursnogo potentsiala. Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. 2010: 82–83. (In Rus.)

11. *Lapin P.I.* Methodology for phenological observations in botanical gardens in the USSR. Moscow, 1975: 22. (In Rus.)

12. *Khrapach V.V., Kol'tsova M.A., Grechushkina-Sukhorukova L.A., Seliverstova E.N., Bardakova S.A., Isaenko T.N. et al.* Report on the results of scientific production activities in 2011. (In Rus.)

13. *Kozhevnikov V.I., Bardakova S.A., Isaenko T.N. et al.* Research report (Russian Academy of Agricultural Sciences) on “Replenishing the genetic collections of woody, herbaceous, tropical and subtropical plants of economic importance to the North Caucasus region” Otchet o NIR (Federal'noe agenstvo nauchnyh organizacij). Otchet o NIR (Federal'noe agentstvo nauchnykh organizatsiy). (In Rus.)

14. Plantarium: an open online atlas identifying plants and lichens of Russia and neighbouring countries. 2007–2020. [Electronic source]. URL: <https://www.plantarium.ru/page/view/item/48880.html> (Access date: 20.12.2022). (In Rus.)

15. *Skripchinskiy V.V.* Nature conservation studies carried out in the botanical garden. Okhrana i ratsional'noe ispol'zovanie rastitel'nogo mira Stavropol'skogo kraya. Sbornik trudov Stavropol'skogo ordena “Znak pochota” NII sel'skogo khozyaystva. 1986: 5–15. (In Rus.)

16. *Sobolevskaya K.A.* Endangered plants of Siberia in introduction. Novosibirsk, 1984: 219. (In Rus.)

17. *Elzinga Caril L., Salzer D.W. & Willoughby J.W.* 1998. Measuring and monitoring plant populations. BLM Tech. Reference 1730–1.BLM/RS/ST-98/005+1730. Available from Bureau of Land Management, National Business Center BC-650B, PO Box 25047, Denver, CO 80225–0047/<http://www.blm.gov/nstc/library/pdf/MeasAndMon.pdf>

Исаенко Татьяна Николаевна, старший научный сотрудник лаборатории цветоводства Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр»; Российская Федерация, г. Ставрополь, ул. Ленина, 478; тел.: (652) 56–03–71; e-mail: tatyana.isaenko.50@mail.ru

Tatyana N. Isaenko, Senior Research Associate, Laboratory of Floriculture of the North Caucasus Federal Agrarian Research Centre (478, Lenina Str., Stavropol, Russian Federation; phone: (652) 56–03–71; e-mail: tatyana.isaenko.50@mail.ru

ИСХОДНЫЕ ФОРМЫ ЗЕМЛЯНИКИ САДОВОЙ ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ И КАЧЕСТВО ПЛОДОВ

Л.А. МАРЧЕНКО^{1,2}

¹Федеральный научный селекционно-технологический центр садоводства
и питомниководства, Российская Федерация, г. Москва;

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

Мировой сортимент земляники садовой насчитывает около 15 тыс. сортообразцов, линий и форм. Селекционная работа продолжается по различным направлениям, однако в приоритете остается создание сортов, отличающихся высокой продуктивностью, крупноплодностью и товарностью плодов, отвечающих требованиям промышленного возделывания. Повысить эффективность селекции в этом направлении можно путем поиска и использования новых источников и доноров ценных признаков. Целью исследований являлось изучение признаков продуктивности и качества плодов земляники садовой для выделения новых селекционных источников. Исследования проводились на базе Отдела генетики и селекции садовых культур ФГБНУ ФНЦ садоводства на генетической коллекции земляники садовой, расположенной в Московской области. Объектами исследования являлись растения земляники 33 сортов различного генетического и географического происхождения, рекомендуемых в научной литературе для промышленного возделывания. Изучение сортообразцов проводили согласно Программе и методике сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. Для статистической обработки данных методом однофакторного дисперсионного анализа и группировки сортов на основе НСР0.5 использован продукт Microsoft Excel. При изучении сортов земляники, выращиваемых в полевых условиях по традиционной технологии, наибольшая продуктивность отмечена у сортов Розана Киевская (431,5 г/куст), Троицкая (392,7 г/куст), Альфа (322,4 г/куст), Irma (318,2 г/куст), Кокинская Поздняя (300,2 г/куст). Выделены источники крупноплодности: Кокинская Поздняя, Фестивальная Ромашка, Irma, Arosa, Троицкая, Florence, Jetta, Vima Kimberly, Царица, Нелли, Витязь, Asia, Selekt, Clery, Vima Zanta, Урожайная ЦГЛ, Розана Киевская, Альфа, Alba, Venta, Царскосельская, Брянич, Боровицкая, Tago. Наибольшая твердость плодов отмечена у сортов Arosa и Vima Kimberly. Высокий уровень признака проявили сорта Кубата, Нелли, Florence, Asia, Alba, Irma, Tago, Лакомая. В результате исследований выделены источники высокой потенциальной продуктивности («Крупноплодность» и «Количество завязей на куст»): Розана Киевская, Троицкая, Альфа'. В селекции на качество плодов («Крупноплодность» и «твердость плодов») в качестве источников рекомендуются сорта Florence, Vima Kimberly, Asia, Arosa, Irma, Нелли.

Ключевые слова: земляника садовая, сорт, признак, продуктивность, крупноплодность, твердость плодов, источник для селекции

Введение

Повсеместная популярность земляники садовой продиктована как биологическими особенностями культуры (раннее вступление в плодоношение, адаптивность к условиям произрастания в различных почвенно-климатических условиях, отзывчивость на повышение интенсификации производства), так и качеством плодов, относящихся к диетическим продуктам (десертный вкус и питательная ценность) [1–3].

Мировой сортимент культуры насчитывает около 15 тыс. сортообразцов, линий и форм [4], что свидетельствует о масштабной селекционной работе по улучшению

сортовых качеств земляники садовой. Вместе с тем основными сортами для производства являются лишь некоторые – так называемые коммерческие сорта, отличающиеся высокой продуктивностью, крупноплодностью и товарностью плодов.

Расширение сортимента земляники садовой промышленного значения можно осуществлять путем выявления и привлечения в селекционный процесс новых источников и доноров ценных признаков [5].

Цель исследований: изучение признаков продуктивности и качества плодов земляники садовой для выделения новых селекционных источников.

Материал и методы исследований

Исследования проводились на базе Отдела генетики и селекции садовых культур ФГБНУ ФНИЦ садоводства на генетической коллекции земляники садовой, расположенной в Московской области. Объектами исследования являлись растения земляники 33 сортов различного генетического и географического происхождения, рекомендуемых в научной литературе для промышленного возделывания. Изучение сортообразцов проводили согласно Программе и методике сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур [6] в 2021–2022 гг.

Рельеф земельного участка, где проводились исследования, является равнинным. Почвы участка дерново-подзолистые, среднесуглинистые, на покровном суглинке, хорошо обеспеченные подвижными формами фосфора и калия, с оптимальной рН для выращивания земляники (6–6,45). Обеспеченность легкогидролизуемой формой азота – средняя (N легкогидролизуемый: на глубине 0–20 см – 7,25 мг/100 г; 20–40 см – 6,48 мг/100 г).

Погодные условия в годы проведения исследований соответствовали средне-многолетним данным, хотя по годам в период вегетации растений наблюдались отличия. Условия зимнего периода 2020/2021 г. отличались наступлением заморозков с 12 ноября 2020 г. (первый заморозок – $-1,45^{\circ}\text{C}$, последующие – до $-6,75^{\circ}\text{C}$) при отсутствии устойчивого снегового покрова. Вместе с тем температура почвы в корневой зоне в бесснежный период не снижалась до критических значений (минимальное значение температуры почвы в ноябре составляло $+3,75^{\circ}\text{C}$). С 1 декабря начал формироваться снеговой покров. Минимальная температура воздуха ($-23,35^{\circ}\text{C}$) отмечена 18 января 2021 г. В тот период снег способствовал защите растений (температура почвы составила $+1,75^{\circ}\text{C}$).

Условия вегетационного периода 2021 г. отличались затяжной холодной весной, что повлияло на задержку прохождения фенологических фаз у изучаемых сортов земляники в сравнении со среднемноголетними данными на 10 дней. Однако в целом рост и развитие растений земляники садовой проходили нормально. Жаркая и засушливая погода в период созревания плодов способствовала некоторому снижению крупноплодности и увеличению уровня признака твердости плодов у изучаемых сортов.

В зимний период 2021/2022 г. негативные факторы, повлиявшие на состояние растений изучаемых сортов земляники, не отмечены. Холодная температура весеннего периода привела к сдвигу фенологических фаз у земляники до 20 дней, а также к снижению завязываемости плодов. Регулярные и обильные осадки в период созревания плодов земляники оказали положительное влияние на проявление признака крупноплодности и одновременно привели к снижению уровня твердости плодов у изучаемых сортов.

Для статистической обработки данных методом однофакторного дисперсионного анализа и группировки сортов на основе НСП0.5 использован продукт Microsoft Excel.

Результаты и их обсуждение

Потенциальная продуктивность растения у земляники рассчитывается как произведение средней массы плодов на их количество. Существующие современные требования определяют как высокопродуктивные сорта земляники с продуктивностью свыше 400 г/куст для Центральной полосы РФ [7], 500 г/куст и более – для средней полосы России [8], более 600 г/куст – для южных регионов [9].

Потенциально продуктивными по материалам отечественных исследователей являются сорта: Honeoye, Vima Kimberly, Alba, Roxana, Vima Xima, Vima Tarda, Florense для центрального региона [7]; Славутич, Альфа, Царица, Берегиня, Любава – для средней полосы России [10]; Joly, Нелли, Bogota, Vivaldi, Asia, Rumba, Gallia, Элегия, Onda, Florence, Кемия, Honeoye – для южных регионов РФ [11].

При изучении сортов земляники, выращиваемых в полевых условиях по традиционной технологии, были выделены наиболее продуктивные сорта: Розана Киевская (431,5 г/куст), Троицкая (392,7 г/куст), Альфа (322,4 г/куст), Irma (318,2 г/куст), Кокинская Поздняя (300,2 г/куст). Однако только показатели сорта Розана Киевская соответствовали уровню модели высокопродуктивного сорта для Центральной полосы РФ.

Изучение компонентов, слагаемых продуктивности, позволило выявить ряд источников с высоким уровнем проявления признака «Количество завязей/куст». Наиболее ценными являются сорта Розана Киевская, Русич, Альфа, Троицкая, Marmolado, Царскосельская (табл. 1).

Таблица 1

Группировка сортов земляники по признаку «Количество завязей/куст»

I группа (32,2–25,4 шт.)	II группа (25,4–18,6 шт.)	III группа (18,6–11,8 шт.)	IV группа (< 11,8 шт.)
Розана Киевская (32,2) Русич (25,8)	Альфа (24,8) Троицкая (23,8) Marmolado (20,6) Царскосельская (20,2)	Alba (17,2) Honeoye (17,2) Irma (17,2) Vima Zanta (17,2) Venta (17,0) Senga Sengana (15,4) Царица (15,2) Витязь (15,0) Фейерверк (15,0) Tago (15,0) Darselect (14,4) De'Royal (14,2) Фестивальная Ромашка (13,8) Кокинская Поздняя (13,4) Брянч (12,8) Нелли (12,6) Florence (12,2) Урожайная ЦГЛ (12,0) Жемма (11,8)	Clerg (11,4) Боровицкая (11,2) Vima Kimberly (11,2) Лакомая (10,4) Кубата (8,2) Selekta (7,6) Asia (7,0) Arosa (4,0)
НСР 0.5 = 6,833			

Производители и потребители земляники садовой отдают предпочтение сортам с крупными плодами [2, 12]. Крупноплодными принято считать сорта со средней массой ягоды 9–12 г и выше [6–8]. Высокая степень проявления признака

крупноплодности отмечена у сортов Таира, Нелли, Кемия, Элегия, Альфа, Берегиня, Царица. Крымчанка 87, Аросса, Заря, Крымская Ранняя, Юниол, Янтарная [13–15].

В последнее время, в связи со значительными успехами селекции на увеличение размера плодов, уровень признака крупноплодности сортов для южного региона повышен в пределах от 20 г и более [12]. Зарубежные исследователи к крупноплодным относят сорта со средней массой плода свыше 20 г [16, 17]. Так, широкое распространение получили сорта зарубежной селекции: Clery, Florence, НФ 311(Alba), НФ205 (Roxana), Vima Xima, Vima Tarda, Vima Kimberly, Maya, San Andreas [18].

В результате изучения выделены источники крупноплодности: Кокинская Поздняя, Фестивальная Ромашка, Irma, Arosa, Троицкая, Florence, Jemma, Vima Kimberly, Царица, Нелли, Витязь, Asia, Seleкта, Clery, Vima Zanta, Урожайная ЦГЛ, Розана Киевская, Альфа, Alba, Venta, Царскосельская, Брянич, Боровицкая, Таго (табл. 2).

Таблица 2

Группировка сортов земляники по признаку «Средняя масса плода»

I группа (22,4–18,6 г)	II группа (18,6–14,8 г)	III группа (14,8–11 г)	IV группа (< 11 г)
Кокинская Поздняя (22,4) Фестивальная Ромашка (18,7)	Irma (18,5) Arosa (16,7) Троицкая (16,5) Florence (16,3) Jemma (16,2) Vima Kimberly (16,1) Царица (16,2) Нелли (15,6) Витязь (15,0) Asia (14,9) Seleкта (14,8)	Clery (14,3) Vima Zanta (13,9) Урожайная ЦГЛ (13,6) Розана Киевская (13,4) Альфа (13,0) Alba (13,0) Venta (12,9) Царскосельская (12,9) Брянич (12,8) Боровицкая (11,2) Таго (11,1)	Darselect (10,9) Marmolado (10,9) Фейерверк (10,4) Русич (10,3) Honeoye (9,3) Senga Sengana (8,8) Лакомая (8,4) De'Royal (8,3) Кубата (8,0)
НСР 0.5 = 3,775			

Современные сорта земляники садовой, предназначенные для промышленного производства, должны обладать высоким уровнем проявления признака твердости (прочности) плодов (не менее 10,0 Н) или усилием раздавливания 380 г и выше [7–9].

Установлено, что в условиях юга Нечерноземной зоны прочностью плодов 9,8 Н и более обладают сорта Царица, Сюрприз Олимпиаде, Induka, Рубиновый Кулон и Фейерверк [19], Clery, Darselect, Tenira, Seleкта, Polka, Irma, Акварель [20]. В условиях Краснодарского края высокой прочностью мякоти плодов (усилие раздавливания более 400 г) обладают сорта Clery, Syria, Onda, Vivaldi, Нелли, Alba, Алина [21, 22].

В наших исследованиях наибольшая твердость плодов отмечена у сортов Arosa и Vima Kimberly. Высокий уровень признака проявили сорта Кубата, Нелли, Florence, Asia, Alba, Irma, Таго, Лакомая (табл. 3).

Оценивая изучаемые сорта по сочетанию признаков («Количество завязей/куст», «Средняя масса плодов», «Твердость плодов»), можно выделить образцы, отличающиеся крупноплодностью и прочностью мякоти: Florence, Vima Kimberly, Asia, Arosa, Irma, Нелли; сорта с большим количеством завязей на куст и высокой средней массой плодов: Розана Киевская, Троицкая, Альфа.

Результаты, полученные в условиях Московской области, согласуются с данными других исследователей [10, 13, 14, 21, 22].

**Группировка сортов земляники
по признакам «Твердость плодов»/«Прочность мякоти»**

I группа (4,4–3,9 Н/ 443,3–397,0 г)	II группа (3,9–3,5 Н/ 397,0–350,7 г)	III группа (3,5–3,0 Н/ (350,7–304,4 г)	IV группа (< 3,0 Н/ < 304,4 г)
Arosa (4,4 /443,3) Vima Kimberly (3,9/400,7)	Кубата (3,9/390,0) Нелли (3,8/392,0) Florence (3,6/370,0) Asia (3,6/368,0) Alba (3,6/367,3) Irma (3,6/364,7) Tago (3,5/356,0) Лакомая (3,5/354,7)	Боровицкая (3,4/347,3) De'Royal (3,3/339,3) Царскосельская (3,3/338,0) Фейерверк (3,2/344,0) Honeoye (3,2/325,3) Vima Zanta (3,2/325,3) Царица (3,2/324,7) Урожайная ЦГЛ (3,1/314,7) Clery (3,1/313,3) Selekta (3,1/312,7) Jemma (3,0/308,0)	Marmolado (2,9/294,7) Альфа (2,8/286,7) Darselekt (2,8/288,0) Venta (2,7/276,0) Витязь (2,6/262,7) Senga Sengana (2,57/262,0) Фестивальная Ромашка (2,5/251,3) Троицкая (2,4/240,7) Брянч (2,3/236,0) Русич (2,3/236,0) Кокинская Поздняя (2,2/227,3) Розана Киевская (2,2/227,3)
НСР 0.5 = 0,455/46,302			

Выводы

Сочетание признаков, слагаемых продуктивности и твердости плодов на высоком уровне, соответствующем модели сорта для промышленного возделывания, в изучаемых условиях не проявил ни один из сортов.

В результате исследований выделены источники высокой потенциальной продуктивности («Крупноплодность» и «Количество завязей на куст»): Розана Киевская, Троицкая, Альфа.

В селекции на качество плодов («Крупноплодность» и «Твердость плодов») в качестве источников рекомендуются сорта Florence, Vima Kimberly, Asia, Arosa, Irma, Нелли.

Исследования выполнены в рамках реализации государственного задания ФГБНУ ФНИЦ садоводства № 0432–2021–0001 «Генетические и биотехнологические подходы управления селекционным процессом, совершенствование существующих методов селекции для конструирования новых генетических модификаций плодовых, ягодных, овощных и полевых культур, отвечающих современным требованиям сельскохозяйственного производства».

Библиографический список

1. Mezzetti B., Giampieri F., Zhang Y., Zhong C. Status of strawberry breeding programs and cultivation systems in Europe and the rest of the world // Journal of Berry Research. – 2018. – № 8. – Рр. 205–211. DOI:10.3233/JBR-180314.

2. Козлова И.И. Тенденции формирования промышленного сортимента земляники в Российской Федерации // Садоводство и виноградарство. – 2019. – № 2. – С. 25–32. DOI:10.31676/0235–2591–2019–2–25–32.

3. Mazzoni L., Di Vittori L., Balducci F., Forbes-Hernández T.Y., Giampieri F., Battino M., Mez-zetti B., Capocasa F. Sensorial and nutritional quality of inter and intra-Specific strawberry genotypes selected in resilient conditions // *Scientia Horticulturae*. – 2020. – Vol. 261. – Pp. 1–6. DOI:10.1016/j.scienta.2019.108945.

4. Global Conservation Strategy for *Fragaria* (Strawberry) [Editor-in-Chief, Chair Expert Committee Kim E. Hummer] // *Scripta Horticulturae*. March. – 2008. – № 6. – 87 p.

5. Зубов А.А. Генетические особенности и селекция земляники: Методические указания. – Мичуринск: ВНИИГ и СПР им. И.В. Мичурина, 1990. – 81 с.

6. Шокаева Д.Б., Зубов А.А. Земляника, клубника, земклуника // Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / Под общ. ред. Е.Н. Седова, Т.П. Огольцовой. – Орёл: ВНИИСПК. – 1999. – С. 417–443.

7. Козлова И.И., Лукъянчук И.В., Жбанова Е.В. Сортимент и технология производства высококачественных ягод земляники садовой // *Достижения науки и техники АПК*. – 2019. – Т. 33, № 2. – С. 45–49. DOI:10.24411/0235–2451–2019–10211.

8. Куликов И.М., Айтжанова С.Д., Андропова Н.В., Борисова А.А., Тумаева Т.А. Модель промышленного сорта земляники для условий средней полосы России // *Садоводство и виноградарство*. – 2020. – № 3. – С. 5–10. DOI:10.31676/0235–2591–2020–3–5–10.

9. Программа Северо-Кавказского центра по селекции плодовых, ягодных, цветочно-декоративных культур и винограда на период до 2030 года. – Краснодар: Изд-во СКЗНИИСиВ, 2013. – 202 с.

10. Андропова Н.В. Сорта земляники садовой для промышленного возделывания // *Аграрная наука – сельскому хозяйству: Сборник материалов XIII Международной научно-практической конференции: В 2 кн.* – 2018. – С. 214–216.

11. Яковенко В.В., Лапшин В.И. Перспективные сорта земляники для промышленного выращивания на юге России // *Научный журнал КубГАУ*. – 2020. – № 157 (03). – С. 1–11. – URL: <http://ej.kubagro.ru/2020/03/pdf/17.pdf>.

12. Яковенко В.В., Лапшин В.И. Результаты оценки продуктивности и качества плодов земляники в условиях Прикубанской зоны Краснодарского края // *Садоводство и виноградарство*. – 2019. – № 2. – С. 40–45. DOI:10.31676/0135–2591–2019–2–40–45.

13. Причко Т.Г., Германова М.Г., Смелик Т.Л. Товарные качества и химический состав ягод земляники селекции СКФНЦСВВ // *Плодоводство и виноградарство Юга России*. – 2019. – № 58(04). – С. 104–113. DOI:10.30679/2219–5335–2019–4–58–104–113.

14. Ушак Л.С. Межсортовая изменчивость земляники по ряду признаков товарного качества // *Научные труды СКФНЦСВВ*. – 2021. – Т. 33. – С. 33–36. DOI:10.30679/2587–9847–2021–33–33–36.

15. Арифова З.И. Подбор исходного материала земляники садовой по комплексу признаков для селекционного процесса // *Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада*. – 2019. – № 131. – С. 85–88. DOI:10.25684/NBG.boolt.131.2019.11.

16. Behmen F., Drkenda P., Terzić A., Delic M., Music O. Pomological evaluation of ‘Clery’ strawberry cultivar // *Poljoprivedno-Prehrambenog Fakulteta Univerziteta u Sarajevu*. – 2020. – Vol. LXV. – № 70. – Pp. 9–18.

17. Soares dos Santos M.F., Fagherazzi A.F., Martins de Lima J., Costa B.M., Nerbass F.R., Kretzschmar A.A., Rufato L. Agronomic performance of new strawberry cultivars in southern Brazil // *Revista de Ciências Agroveterinárias*. – 2021. – № 20 (2). – Pp. 149–158. DOI:10.5965/223811712022021149.

18. Козлова И.И. Перспективный исходный селекционный материал интродуцированных сортов земляники садовой (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) // *Плодоводство и ягодоводство России*. – 2021. – Т. 64. – С. 9–16. DOI:10.31676/2073–4948–2021–64–9–16.

19. Айтжанова С.Д., Андропова Н.В. Поиск и создание нового исходного материала земляники садовой для приоритетных направлений селекции // Плодоводство и ягодоводство России. – 2017. – Т. 48. – Ч. 2. – С. 13–17.

20. Андропова Н.В., Тумаева Т.А. Селекционная оценка сортов и форм земляники садовой по прочности плодов // Садоводство и виноградарство. – 2021. – № 2. – С. 5–12. DOI:10.31676/0235–2591–2021–2–5–12.

21. Яковенко В.В., Лапшин В.И. Перспективные сорта земляники для промышленного выращивания на юге России // Научный журнал КубГАУ. – 2020. – № 157 (03). – С. 1–11. – URL: <http://ej.kubagro.ru/2020/03/pdf/17.pdf>.

22. Яковенко В.В., Лапшин В.И., Ушак Л.С. Результаты оценки новых сортов земляники на пригодность к промышленному выращиванию в Краснодарском Крае // Научный журнал КубГАУ. – 2021. – № 167 (03). – С. 1–10. – URL: <http://ej.kubagro.ru/2021/03/pdf/17.pdf>.

INITIAL FORMS OF STRAWBERRIES FOR BREEDING FOR PRODUCTIVITY AND FRUIT QUALITY

L.A. MARCHENKO

(¹Federal Horticultural Center for Breeding, Agrotechnology and Nursery, ²Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy)

The world assortment of strawberries includes about 15 thousand varieties, lines and shapes. Breeding work continues in various directions, but the priority remains the creation of varieties characterised by high productivity, large-fruited and marketable fruits that meet the requirements of industrial cultivation. It is possible to increase the efficiency of breeding in this direction by finding and using new sources and donors of valuable traits. The aim of the research was to study the characters of productivity and quality of strawberry fruit in order to identify new breeding sources. The research was carried out at the strawberry genetic collection located in the Moscow region, at the Department of Genetics and Breeding of Garden Crops of the Federal Horticultural Centre for Breeding, Agrotechnology and Nursery. The subjects of the study were strawberry plants of 33 varieties of different genetic and geographical origin recommended in the scientific literature for industrial cultivation. The variety samples were studied according to the Program and methodology of variety studies of fruit, berry and nut crops. Microsoft Excel was used for statistical data processing by single-factor analysis of variance and grouping of varieties based on NSR0.5. When studying strawberry varieties grown under field conditions using traditional technology, the highest productivity was noted in the varieties: ‘Rozana Kievskaya’ (431.5 g/bush), ‘Troitskaya’ (392.7 g/bush), ‘Al’fa’ (322.4 g/bush), ‘Irma’ (318.2 g/bush), ‘Kokinskaya Pozdnyaya’ (300.2 g/bush). The sources of large fruit are identified in the varieties: ‘Kokinskaya Pozdnyaya’, ‘Festival’naya Romashka’, ‘Irma’, ‘Arosa’, ‘Troitskaya’, ‘Florence’, ‘Jemma’, ‘Vima Kimberly’, ‘Tsaritsa’, ‘Nelly’, ‘Vityaz’, ‘Asia’, ‘Selekta’, ‘Clery’, ‘Vima Zanta’, ‘Urozhaynaya TsGL’, ‘Rozana Kievskaya’, ‘Al’fa’, ‘Alba’, ‘Venta’, ‘Tsarskosel’skaya’, ‘Bryanich’, ‘Borovitskaya’, ‘Tago’. The highest hardness of fruits was observed in the varieties ‘Arosa’ and ‘Vima Kimberly’ varieties. The varieties ‘Kubata’, ‘Nelly’, ‘Florence’, ‘Asia’, ‘Alba’, ‘Irma’, ‘Tago’, and ‘Lakomaya’ showed a high level of the trait. As a result of the study, sources of high potential productivity (“large fruit” and “number of ovaries per bush”) were identified: ‘Rozana Kievskaya’, ‘Troitskaya’, ‘Al’fa’. The varieties ‘Florence’, ‘Vima Kimberly’, ‘Asia’, ‘Arosa’, ‘Irma’, ‘Nelly’ are recommended as sources for fruit quality (“large fruit” and “fruit hardness”).

Key words: strawberry, variety, mark, productivity, large fruit, fruit hardness, source for breeding

Acknowledgements

The research was carried out as part of the implementation of the state task of the Federal Horticultural Research Center for Breeding, Agrotechnology and Nursery No. 0432–2021–0001 “Genetic and biotechnological approaches to managing the breeding process, improving existing breeding methods for constructing new genetic modifications of fruit, berry, vegetable and field crops that meet modern requirements for agricultural production”.

References

1. Mezzetti B., Giampieri F., Zhang Y., Zhong C. Status of strawberry breeding programs and cultivation systems in Europe and the rest of the world. *Journal of Berry Research*. 2018; 8: 205–211. DOI:10.3233/JBR-180314
2. Kozlova I.I. Tendencies of formation of strawberries commercial assortment in Russia. *Sadovodstvo i vinogradarstvo*. 2019; 2: 25–32. DOI: 10.31676/0235–22591–2019–2–25–32 (In Rus.)
3. Mazzoni L., Di Vittori L., Balducci F., Forbes-Hernández T.Y., Giampieri F., Battino M., Mez-zetti B., Capocasa F. Sensorial and nutritional quality of inter and intra-Specific strawberry genotypes selected in resilient conditions. *Scientia Horticulturae*. 2020; 261: 1–6. DOI: 10.1016/j.scienta.2019.108945
4. Global Conservation Strategy for *Fragaria* (Strawberry) [Editor-in-Chief, Chair Expert Committee Kim E. Hummer]. *Scripta Horticulturae*. March. 2008; 6: 87.
5. Zubov A.A. Genetic features and selection of strawberries: method. Instructions. Michurinsk, 1990: 81. (In Rus.)
6. Shokaeva D.B., Zubov A.A. Strawberries, strawberries, zemklunika. Programma i metodika sortoizucheniya plodovyh, yagodnyh i orekhoplodnyh kul'tur. Ed. by E.N. Sedov, T.P. Ogol'tsova. Orel: VNIISPK; 1999: 417–443. (In Rus.)
7. Kozlova I.I., Luk'yanchuk I.V., Zhanova E.V. Assortiment and production technology of high-quality strawberry. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2019; 33; 2: 45–49. DOI: 10.24411/0235–2451–2019–10211 (In Rus.)
8. Kulikov I.M., Aytzhanova S.D., Andronova N.V., Borisova A.A., Tumaeva T.A. Model of a commercial strawberry variety for the conditions of central Russia. *Sadovodstvo i vinogradarstvo*. 2020; 3: 5–10. DOI: 10.31676/0235–2591–2020–3–5–10 (In Rus.)
9. Program of the North Caucasus Center for the selection of fruit, berry, flower and ornamental crops and grapes for the period up to 2030. Krasnodar: izd-vo SKZNIISiV, 2013: 202. (In Rus.)
10. Andronova N.V. Varieties of strawberries for industrial cultivation. *Agrarnaya nauka – sel'skomu khozyaystvu*. 2018: 214–216. (In Rus.)
11. Yakovenko V.V., Lapshin V.I. Perspective strawberry varieties for industrial growing in the South of Russia. *Nauchnyy zhurnal KubGAU*. 2020; 157 (03): 1–11. [Electronic source]. DOI: <http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-157-017> (In Rus.)
12. Yakovenko V.V., Lapshin V.I. Estimation results of strawberry productivity and fruit quality under the conditions of the Kuban zone of Krasnodar territory. *Sadovodstvo i vinogradarstvo*. 2019; 2: 40–45. DOI:10.31676/0235–2591–2019–2–40–45 (In Rus.)
13. Prichko T.G., Germanova M.G., Smelik T.L. Commercial quality and chemical composition of strawberry of NCFSCHVW breeding. *Plodovodstvo i vinogradarstvo Yuga Rossii*. 2019; 58(04): 104–113. DOI: 10.30679/2219–5335–2019–4–58–104–113 (In Rus.)
14. Ushak L.S. Intervarietal variability of strawberries on a number of traits of commercial quality of berries. *Nauchnye trudy SKFNTsSVV*. 2021; 33: 33–36. DOI: 10.30679/2587–9847–2021–33–33–36 (In Rus.)

15. *Arifova Z.I.* Selection of initial material of strawberry on a complex of traits for the breeding process. *Byulleten' Gosudarstvennogo Nikitskogo botanicheskogo sada.* 2019; 131: 85–88. DOI: 10.25684/NBG.boolt.131.2019.11 (In Rus.)
16. *Behmen F., Drkenda P., Terzić A., Delic M., Music O.* Pomological evaluation of 'Clery' strawberry cultivar. *Poljoprivedno-Prehrambenog Fakulteta Univerziteta u Sarajevu.* 2020; LXV; 70: 9–18.
17. *Soares dos Santos M.F., Fagherazzi A.F., Martins de Lima J., Costa B.M., Nerbass F.R., Kretzschmar A.A., Rufato L.* Agronomic performance of new strawberry cultivars in southern Brazil. *Revista de Ciências Agroveterinárias.* 2021; 20(2): 149–158. DOI: 10.5965/223811712022021149
18. *Kozlova I.I.* Introduced strawberry (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) varieties as a promising breeding material. *Plodovodstvo i âgodovodstvo Rossii.* 2021; 64: 9–16. DOI: 10.31676/2073–4948–2021–64–9–16 (In Rus.)
19. *Aytzhanova S.D., Andronova N.V.* Search and creation of source material of garden strawberry for the priority directions of breeding. *Plodovodstvo i âgodovodstvo Rossii.* 2017; 48; 2: 13–17. (In Rus.)
20. *Andronova N.V., Tumaeva T.A.* Plant variety assessment of garden strawberry based on fruit strength. *Sadovodstvo i vinogradarstvo.* 2021; 2: 5–12. DOI: 10.31676/0235–2591–2021–2–5–12 (In Rus.)
21. *Yakovenko V.V., Lapshin V.I.* Perspective strawberry varieties for industrial growing in the South of Russia. *Nauchnyy zhurnal KubGAU.* 2020; 157 (03): 1–11. [Electronic source]. DOI: <http://dx.doi.org/10.21515/1990–4665–157–017> (In Rus.)
22. *Yakovenko V.V., Lapshin V.I., Ushak L.S.* Results of the estimation of new strawberry varieties for availability for industrial growing in Krasnodar Region. *Nauchnyy zhurnal KubGAU.* 2021; 167(03): 1–10. [Electronic source]. DOI: <http://dx.doi.org/10.21515/1990–4665–167–017> (In Rus.)

Людмила Александровна Марченко, ведущий научный сотрудник, канд. с.-х. наук; ORCID0000–0002–7247–9829, AuthorID: 378978, AU-ID Scopus: 57193568421; тел.: (916) 493–48–87 (1Федеральный научный селекционно-технологический центр садоводства и питомниководства, Российская Федерация, г. Москва; 2Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49)

Liudmila A. Marchenko, CSc (Ag), Leading Research Associate, 1Federal Horticultural Center for Breeding, Agrotechnology and Nursery (4, Zagor'evskaya Str., Moscow, 115598, Russian Federation), 2Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49, Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russian Federation; phone: (916) 493–48–87

ИЗМЕНЧИВОСТЬ ВИШНИ ВОЙЛОЧНОЙ (*PRUNUS TOMENTOSA* THUNB.) В РЕСПУБЛИКЕ АЛТАЙ

О.В. ЛАДЫЖЕНСКАЯ, В.Г. ДОНСКИХ, Т.С. АНИСЬКИНА, М.В. СИМАХИН

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

Вишня войлочная является ценной плодовой культурой за счет высокой адаптационной способности и пищевой ценности плодов. На территории России вишня войлочная представляет собой культивируемое растение. Все природные популяции – это одичавшие растения, попавшие в Европейскую часть через Приморский край более 150 лет назад. Целью исследований является оценка изменчивости и сопряженности признаков плодов и листьев у популяции вишни войлочной. В качестве объектов исследований использовали дикорастущие растения вишни войлочной, произрастающие около острова Патмос, Чемальский район, Республика Алтай. Плоды и листья собирали с 8–10-летних растений в первой декаде июля. Для проведения исследований случайно было отобрано по 30 плодов и листьев из средней части побегов, были оценены их признаки: длина плода, мм; диаметр плода, мм; масса плода, г; количество сахаров, °Вх; длина листа, мм; ширина листа, мм. Установлено, что длина и ширина плода имеют весьма низкий уровень изменчивости и находятся в пределах 5–6%: в основном длина плода составляет от 11,12 до 12,79 мм, диаметр плода – от 10,90 до 11,39 мм. Обнаружена вариация признаков листа в интервале от 15 до 17% выборки. Сильно связаны между собой только признаки листа, средняя корреляционная связь есть между длиной плода, его диаметром и массой. Данную популяцию можно рекомендовать к дальнейшим исследованиям на устойчивость к монилиозу и к возможному внедрению в промышленное производство.

Ключевые слова: вишня войлочная, *Prunus tomentosa*, изменчивость, плоды, вариация, содержание сахаров, лист

Введение

Prunus tomentosa Thunb. ($2n = 16$) относится к подроду *Prunus Lithocerasus* семейства Rosaceae (Rehder, 1940; Ingram, 1948). Вишня войлочная является перспективной плодовой культурой [1]. Наибольшее число видов рода *Cerasus* сосредоточено в Китае. На территории России вишня войлочная представляет собой культивируемое растение. Все природные популяции – это одичавшие вишни, попавшие в Европейскую часть через Приморский край более 150 лет назад. Вследствие своей диплоидности вишня войлочная легко скрещивается с некоторыми видами сливы, персика и абрикоса [2]. Вид является достаточно зимостойким, в среднем вступает в плодоношение на 4–5 годы, при вегетативном размножении – раньше [3, 4]. При семенном размножении сорта вишни войлочной не сохраняют ценных хозяйственных признаков материнского растения, так как в потомстве при этом наблюдается расщепление [5]. Семенное размножение используют для получения более устойчивых сеянцев к определенным климатическим условиям с целью проведения селекционной работы и в качестве подвойного материала.

По своим биологическим особенностям вишня войлочная является самобесплодной, в цветках содержится огромное количество нектара. Плодоношение у микровишни сосредоточено по всей длине побега [6], плод – сочная костянка, форма

плодов разнообразна. Плоды имеют разную степень опушения. Вследствие их плотного расположения на побеге они часто бывают неровными, сбоку может быть мятина [4].

Виды микровишни занимают обширный ареал: встречаются в Евразии, Северной Америке, частично – в Африке [7]. Вишня войлочная известна в основном в Восточной Азии. Основное направление ее использования – селекция клоновых подвоев. Иногда ее используют в селекции на улучшение сортамента сливы и других представителей рода *Prunus* [8, 9]. С видами вишни обыкновенной и степной микровишню не скрещивают по причине их генетической отдаленности.

Вишня является одной из распространенных культур Западной Сибири, отмечена ее высокая адаптационная способность к различным условиям окружающей среды [10]. Это весьма холодостойкий вид, который может выдерживать низкие температуры – до -40°C .

В создании современного генофонда вишни Алтая участвовали в основном два вида: *Prunus fruticosa* Pall. и *Prunus cerasus* L. В отличие от *Prunus tomentosa* эти виды поражаются коккомикозом, что делает ее ценным донором устойчивости [7]. Тем не менее вишня войлочная имеет ограниченное применение [11]. Однако в Дальневосточном регионе, где условия для произрастания вишни обыкновенной не являются подходящими, она весьма популярна. Здесь получено 45 сортов вишни войлочной, отличающихся окраской плодов и сроками созревания [12]. Плоды обладают устойчивостью к дождевому растрескиванию и отличаются дружным созреванием. Плоды микровишни богаты витаминами и другими антиоксидантными соединениями – такими, как каротин, витамины B1, B2, C, D, E и ниацин [13].

Вишню войлочную также можно считать биоиндикатором различных заболеваний вследствие того, что ее легко выращивать и просто содержать в условиях защищенного грунта, и симптомы сохраняются после повторных тяжелых заражений [14]. Помимо ценности плодов, микровишня обладает высокими декоративными качествами, что позволяет выращивать ее как декоративный кустарник в суровых климатических зонах [15].

Цель исследований: оценка изменчивости и сопряженности признаков плодов и листьев в популяции вишни войлочной в Республике Алтай.

Материал и методы исследований

В качестве объекта исследований использовали дикорастущие растения вишни войлочной, произрастающие около острова Патмос, Чемальский район, Республика Алтай ($51^{\circ}24'40''$ с.ш., $86^{\circ}00'18''$ в.д.). Куртины микровишни расположены вдоль берега реки Катунь. Растения произрастают на глинистой почве. Плоды и листья собирали с 8–10-летних растений в первой декаде июля 2021–2022 гг.

Характерной особенностью Чемальского района является довольно мягкий климат, относительная влажность воздуха составляет 68%. Средняя температура в июле днем составляла около $+24^{\circ}\text{C}$, ночью средняя температура – на уровне $+15^{\circ}\text{C}$. При этом максимальная температура в этом месяце составляла $+28^{\circ}\text{C}$, а минимальная – $+10^{\circ}\text{C}$.

Учет и наблюдения проводили согласно стандартной методике постановки опытов с плодовыми культурами [16]. Для проведения исследований рендомизированно было отобрано по 30 плодов и листьев из средней части побегов, были оценены их признаки: длина плода, мм; диаметр плода, мм; масса плода, г; количество сахаров, °Вх; длина листа, мм; ширина листа, мм. Параметры листьев и плодов измеряли электронным штангенциркулем Ada Mechanic 150 с точностью до 0,01 мм.

Плоды взвешивали на электронных весах с точностью до 0,1 г. Для определения сахаров использовали рефрактометр AQ-REF-BRIX4 с точностью до 1°Bx.

У растений измерены электронным штангенциркулем Ada Mechanic 150 с точностью до 0,01 мм длина и ширина листа, а также длина и диаметр плода. Массу плода установили на электронных весах марки Аква-Лаб.РФ, YA501 с точностью до 0,1 г, а количество сахаров – на рефрактометре AQ-REF-BRIX4 с точностью до 0,1 brix.

Для выполнения статистического анализа использовали программу SPSS Statistics 25. Проверку на нормальность распределения провели методом Колмогорова-Смирнова. Доверительный интервал указан как среднее арифметическое ± стандартное отклонение. Силу изменчивости определили по шкале С.А. Мамаева [17]: очень низкий уровень изменчивости составляет 7–15% вариации; средний уровень – 16–25%; повышенный – 26–35%; высокий – 36–50%; очень высокий – более 50% вариации. Силу связи между признаками установили методом нахождения коэффициентов корреляции Пирсона. Для признаков с сильной связью нашли уравнение линейной регрессии. Проверку достоверности выполнили по критерию Фишера.

Результаты и их обсуждение

Проверка методом Колмагорова-Смирнова показала, что все признаки, кроме массы плода и количества сахаров, имеют нормальное распределение. Частотный анализ установил, что чаще всего длина плода варьирует от 11,12 до 12,79 мм, диаметр плода – от 10,90 до 11,39 мм, масса плода в основном составляет 0,9 г, а количество сахаров – от 10,4 до 11,2 brix (рис. 1).

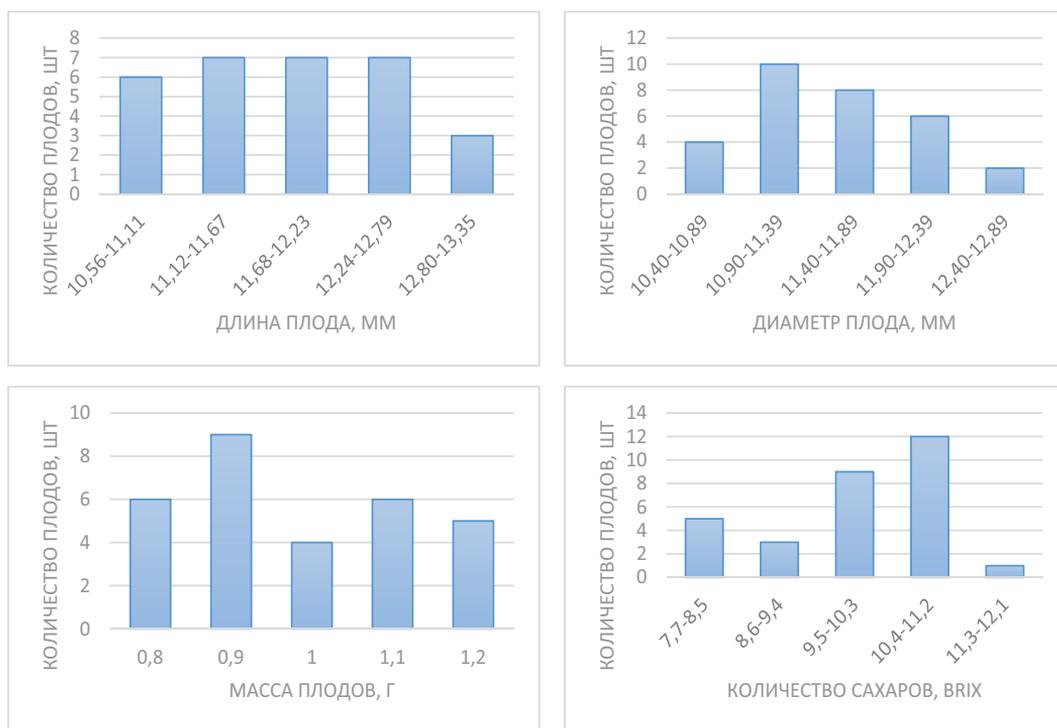


Рис. 1. Частоты распределения признаков вишни войлочной в выборке

Образцы вишни войлочной довольно однородны по длине и диаметру плода, их изменчивость составляет 6 и 5% соответственно (табл. 1). Также очень низкий уровень вариации отмечен для количества сахаров – 11%. В среднем этот показатель находится в интервале $10,03 \pm 1,14$ brix и для массы плода (14%).

Таблица 1

Описательные статистики выборки вишни войлочной

Признак	Доверительный интервал	Медиана	Коэффициент вариации, %
Длина плода, мм	$11,83 \pm 0,75$	11,82	6
Диаметр плода, мм	$11,48 \pm 0,61$	11,44	5
Масса плода, г	$0,98 \pm 0,14$	0,95	14
Количество сахаров, brix	$10,03 \pm 1,14$	10,0	11
Длина листа, мм	$34,16 \pm 5,78$	34,59	17
Ширина листа, мм	$21,22 \pm 3,26$	22,15	15

Признаки листа больше подвержены изменчивости, чем признаки плода, однако сила их вариации находится на низком уровне – до 17%. Средняя длина листа заключена в интервал $34,16 \pm 5,78$ мм, а ширина – в интервал $21,22 \pm 3,26$ мм.

При вовлечении в селекционные программы изучаемых образцов вишни войлочной следует учитывать наличие сопряженности между признаками. Таким образом, обнаружена достоверная сильная корреляционная связь между длиной и шириной листа – 0,859 (табл. 2). Средняя степень связи есть между длиной и диаметром плода: коэффициент корреляции – 0,53; между диаметром плода и массой – 0,55; между длиной плода и массой – 0,49.

Таблица 2

Сила сопряженности признаков вишни между собой

	Длина плода, мм	Диаметр плода, мм	Масса, г	Количество сахаров, brix	Длина листа, мм	Ширина листа, мм
Длина плода, мм	1	0,529*	0,491*	0,271	0,023	0,064
Диаметр плода, мм		1	0,554*	0,079	0,306	0,292
Масса, г			1	0,192	0,055	0,111
Количество сахаров, brix				1	0,083	0,089
Длина листа, мм					1	0,859*
Ширина листа, мм						1

Поскольку сильная связь ($r > 0,7$) есть только между признаками листа, то нашли уравнение регрессии:

$$y = 1,856 + 1,523 * x,$$

где y – длина листа; x – ширина листа.

Данное уравнение объясняет изменчивость у 73% выборки.

По данным Н.Н. Коваленко, в среднем по виду диаметр плодов колеблется от 1 до 1,5 см, масса составляет 1,5–2,5 г. Биохимические показатели плодов имеют широкое варьирование в зависимости от формы. Суммарный процент сахара в плодах находится в пределах 7,2–13,8 [3]. В проведенных нами исследованиях длина и диаметр плода варьируется в пределах 1,1–1,2 см (рис. 2), масса плода – 0,9 г, количество сахаров в плодах в среднем составляет 10°Вх. При этом изменчивость плодов не превышает 6%, что говорит об их однородности.



Рис. 2. Плоды вишни войлочной

В исследованиях В.П. Царенко и Н.А. Царенко, проведенных в Дальневосточном регионе, были выделены следующие параметры плодов вишни войлочной: длина варьировалась от 9 мм до 18 мм, в среднем составив 13,4; ширина варьировалась от 9 мм до 19 мм, среднее значение – 14,3 мм [2].

В средней полосе страны также были описаны во ВСТИСП образцы вишни войлочной. При проведении исследований масса плода составила в среднем $1,19 \pm 0,11$ г: наименьшая масса составила 0,80 г, наибольшая – 1,64 г. Средняя длина плода составила $1,17 \pm 0,04$ см [4].

В наших исследованиях признаки плода находились на более стабильном уровне, чем признаки листа, однако вариация изменчивости листа не превышала 17% (рис. 3).

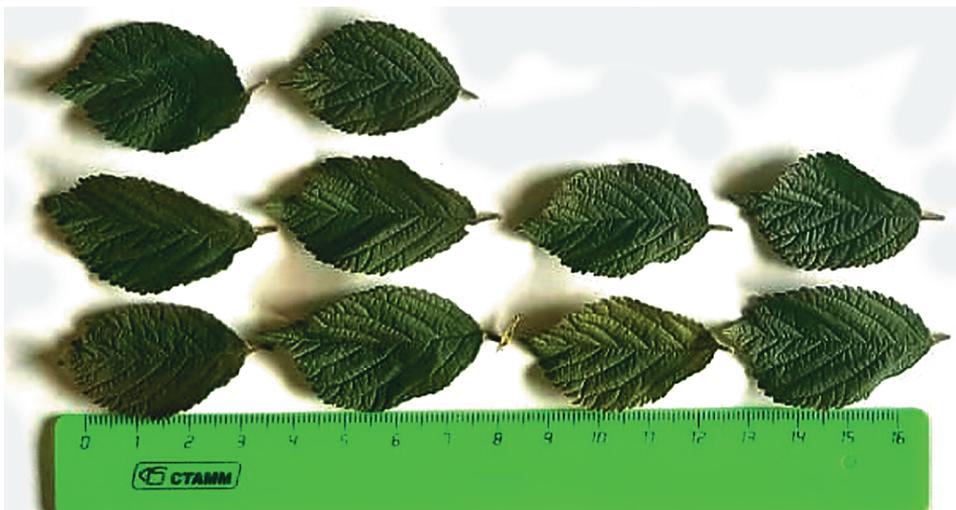


Рис. 3. Лист вишни войлочной

Кроме множества положительных качеств, у вишни войлочной существуют недостатки: например, поражение монилиозом, особенно при благоприятных условиях для его развития. Однако в обнаруженных популяциях вишни войлочной в Чемальском районе при визуальной оценке признаки поражения монилиозом обнаружены не были несмотря на благоприятную погоду и близкое расположение растений к реке.

Выводы

Оценка изменчивости вишни войлочной в популяции Чемальского района Республики Алтай показала низкую вариацию признаков плодов: длины (11,12 до 12,79 мм); диаметра (от 10,90 до 11,39 мм); массы (0,9 г); содержания сахаров (от 10,4 до 11,2 brix).

Признаки листа имеют также достаточно однородные размеры: средняя длина листа составляет $34,16 \pm 5,78$ мм, ширина – $21,22 \pm 3,26$ мм.

Сильно сопряженными являются параметры листьев ($r = 0,859$), среднюю сопряженность имеют плоды: длина и диаметр ($r = 0,529$); длина и масса ($r = 0,491$); диаметр и масса ($r = 0,554$).

Данную популяцию можно рекомендовать к дальнейшим исследованиям на устойчивость к монилиозу и к возможному внедрению в промышленное производство.

Работа выполнена в рамках госзадания «Биологическое разнообразие природной и культурной флоры: фундаментальные и прикладные вопросы изучения и сохранения», № 122042700002–6

Библиографический список

1. Царенко Н.А. Сезонные ритмы развития двух видов микровишни в приморском крае // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2011. – № 4. – С. 23–25.
2. Царенко В.П., Царенко Н.А. Вишня войлочная: М. – Изд. 3-е. – Челябинск: НПО «Сад и огород»; Челябинский дом печати, 2010. – 160 с.
3. Коваленко Н.Н. Микровишня войлочная на Северной Кавказе: М. – Крымск: ГНУ Крымская ОСС СКЗНИИСиВ, 2013. – 95 с.
4. Шевченко С.М., Сорокопудов В.Н., Навальнева И.А. Интродукция вишни войлочной в ботаническом саду Белгородского государственного университета // Вестник КРАСГАУ. – 2010. – № 7 (46). – С. 39–43.
5. Царенко Н.А., Царенко В.П. Перспективные сорта вишни войлочной для экологического испытания // Инновационные направления развития сибирского садоводства: наследие академиков М.А. Лисавенко, И.П. Калининой: Сборник статей / Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологий. – Барнаул: Концепт, 2018. – С. 310–316. – EDN XUSMWL.
7. Плаксина Т.В. Особенности размножения алтайских генотипов вишни и микровишни с использованием методов биотехнологии: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Барнаул, 2007. – 18 с.
8. Авдеев В.И. Белковые маркеры видов *Microcerasus Webb* // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2017. – № 1 (63). – С. 36–40.
9. Tao Chen T., Wang Y., Wang L., Chen Q., Zhang J., Tang H. – R., Wang X. – R. The complete chloroplast genome of Tomentosa cherry *Prunus tomentosa* (Prunoideae, Rosaceae) // Mitochondrial DNA Part. – 2018. – July. – № 3 (2). – Pp. 672–673. DOI:10.1080/23802359.2018.1476068.

10. Zhang Q., Yan G., Dai H., Zhang X., Li C., Zhang Z. Characterization of tomentosa cherry (*Prunus tomentosa* Thunb.) genotypes using SSR markers and morphological traits // *Sci Hortic.* – 2008. – № 118. – Pp. 39–47.

11. Авдеев В.И. Достижения и перспективы осеверения косточковых плодовых культур в России // *Вестник Оренбургского государственного педагогического университета: Электронный научный журнал.* – 2012. – № 4 (4). – С. 19–27.

12. Юшев А.А., Орлова С.Ю. Дикорастущие виды вишен Кавказа, Центральной Азии и Дальнего Востока и их использование в селекции // *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции.* – 2019. – Т. 180, № 3. – С. 59–62.

13. Fang B., Zhao Q., Qin Q., Yu J. Prediction of Potentially Suitable Distribution Areas for *Prunus tomentosa* in China Based on an Optimized MaxEnt Model // *Forests.* – 2022. – № 13. – С. 381. – URL: <https://doi.org/10.3390/f13030381>.

14. Damsteegt V.D., Andrew Larack Stone, Mink G.I., Howell W.E., Waterworth H.E. The versatility of *Prunus tomentosa* as a bioindicator of viruses // *Acta Horticulturae.* – 1998. – № 472 (472). – November. – С. 143–146. DOI: 10.17660/ActaHortic.1998.472.14.

15. Qijing Zhang, Guijun Yan, Hongyan Dai, Xinzhong Zhang, Chunmin Li, Zhihong Zhang. Characterization of Tomentosa cherry (*Prunus tomentosa* Thunb.) genotypes using SSR markers and morphological traits // *Scientia Horticulturae.* – 2008. – September. – Vol. 118, Is. 1, 2. – Pp. 39–47. DOI: 10.1016/j.scienta.2008.05.022.

16. Седов Е.Н., Огольцева Т.П. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / Российская академия сельскохозяйственных наук, Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур. – ВНИИСПК, 1999. – 606 с.

17. Мамаев С.А. Основные принципы методики исследования внутривидовой изменчивости древесных растений // *Индивидуальная и эколого-географическая изменчивость растений.* – Свердловск, 1975. С. 3–14.

VARIABILITY OF THE FELTED CHERRY (*PRUNUS TOMENTOSA* THUNB.) IN THE REPUBLIC OF ALTAI

O.V. LADYZHENSKAYA, V.G. DONSIKIH, T.S. ANIS'KINA, M.V. SIMAKHIN

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

Felted cherry is a valuable fruit crop due to its high adaptability and nutritional value of the fruit. In the territory of Russia, felted cherry is a cultivated plant. All natural populations are feral plants that entered the European part of Russia more than 150 years ago through the Primorsky Krai. The aim of the study is to assess the variability and conjugacy of fruit and leaf characters in a population of felted cherry. The subjects of the study were the wild felted cherry trees growing near the island of Patmos, Chemsalsky district, Republic of Altai. Fruits and leaves were collected from 8–10-year-old plants in the first decade of July. For the research, 30 fruits and leaves each were randomly selected from the middle part of the shoots and their characteristics were estimated: fruit length (mm), fruit diameter (mm), fruit weight (g), sugar (°Bx), leaf length (mm), leaf width (mm). Fruit length and width were found to have a very low level of variability and were within 5–6%, mainly fruit length from 11.12 to 12.79 mm and fruit diameter from 10.90 to 11.39 mm. For the research, 30 fruits and leaves each were randomly selected from the middle part of the shoots and their characteristics were estimated. This population can be recommended for further research on resistance to moniliosis and possible introduction into industrial production.

Key words: *felted cherry, Prunus tomentosa, variability, fruit, variation, sugar content, leaf.*

Acknowledgements

The work was carried out within the framework of the state task “Biodiversity of natural and cultural flora: fundamental and applied problems of research and conservation”, No. 122042700002–6

References

1. *Tsarenko N.A.* Seasonal rhythms in the development of two species of microbush in the Primorsky Krai. *Vestnik Rossiyskoy akademii sel'skokhozyaystvennykh nauk.* 2011; 4: 23–25. (In Rus.)
2. *Tsarenko V.P., Tsarenko N.A.* Felted cherry. 3d ed. Chelyabinsk: NPO “Sad i ogorod”: Chelyalinskiy Dom Pechati, 2010: 160 s., (8) l.: il. (In Rus.)
3. *Kovalenko N.N.* Felted micro cherry in the North Caucasus. Krymsk: GNU Krymskaya OSS SKZNIISiV, 2013: 95. (In Rus.)
4. *Shevchenko S.M., Sorokopudov V.N., Naval'neva I.A.* Introduction of felted cherry in the botanical garden of Belgorod State University. *Vestnik KRASGAU.* 2010; 7(46): 39–43. (In Rus.)
5. *Tsarenko N.A., Carenko V.P.* Promising varieties of felted cherry for ecological trials. Innovative directions of Siberian horticulture development: legacy of academicians M.A. Lisavenko, I.P. Kalinina: Proceedings. Federal'niy Altayskiy nauchniy tsentr agrobiotekhnologiy. Barnaul: Kontsept, 2018: 310–316. EDN XUSMWL (In Rus.)
7. *Plaksina T.V.* Peculiarities of breeding of Altai cherry and micro cherry genotypes using biotechnology methods: CSc (Ag) thesis. Barnaul: 2007: 18. (In Rus.)
8. *Avdeev V.I.* Protein markers of *Microcerasus* species Webb. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta.* 2017; 1(63): 36–40. (In Rus.)
9. *Chen T, Wang Y, Wang L, Chen Q, Zhang J, Tang HR, Wang XR.* The complete chloroplast genome of Tomentosa cherry *Prunus tomentosa* (Prunoideae, Rosaceae). *Mitochondrial DNA B Resour.* 2018 Jun; 11; 3(2): 672–673. DOI: 10.1080/23802359.2018.1476068
10. *Zhang Q, Yan G, Dai H, Zhang X, Li C, Zhang Z.* Characterization oftomentosa cherry (*Prunus tomentosa* Thunb.) genotypes using SSRmarkers and morphological traits. *Sci Hortic.* 2008; 118: 39–47.
11. *Avdeev V.I.* Achievements and perspectives of stone fruit crops in Russia. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta. Elektronniy nauchniy zhurnal.* 2012; 4(4): 19–27. (In Rus.)
12. *Yushev A.A., Orlova S.Yu.* Wild cherry species from the Caucasus, Central Asia and the Far East and their use in breeding. *Trudy po prikladnoy botanike, genetike i selektsii.* 2019; 180; 3: 59–62. (In Rus.)
13. *Fang B., Zhao Q., Qin Q., Yu J.* Prediction of Potentially Suitable Distribution Areas for *Prunus tomentosa* in China Based on an Optimized MaxEnt Model. *Forests* 2022, 13, 381. <https://doi.org/10.3390/f13030381>
14. *Damsteegt V.D., Andrew Larack Stone, Mink G.I., Howell W.E., Waterworth H.E.* The versatility of *Prunus tomentosa* as a bioindicator of viruses. November 1998 *Acta Horticulturae*; 472 (472): 143–146 DOI: 10.17660/ActaHortic.1998.472.14
15. *Qijing Zhang, Guijun Yan, Hongyan Dai, Xinzhong Zhang, Chunmin Li, Zhihong Zhang* Characterization of Tomentosa cherry (*Prunus tomentosa* Thunb.) genotypes using SSR markers and morphological traits. *Scientia Horticulturae.* 2008, 2 September; 118; 1: 39–47. DOI: 10.1016/j.scienta.2008.05.022

16. *Sedov E.N., Ogol'tseva T.P.* Programme and methodology for varietal study of fruit, berry and nut crops. Ros. akad. s. – h. nauk. Vseros. nauch.-issled. in-t selektsii plodovykh kul'tur. Orel: VNIISPK, 1999: 606. (In Rus.)

17. *Mamaev S.A.* Basic principles of intraspecific variation in woody plants. Individual'naya i ekologo-geograficheskaya izmenchivost' rasteniy. Sverdlovsk, 1975: 3–14. (In Rus.)

Ладыженская Ольга Викторовна, младший научный сотрудник, ФГБУН Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН; 127276, Российская Федерация, г. Москва, Ботаническая ул., 4; e-mail: o.ladyzhenskaya91@mail.ru; тел.: (916) 887–74–57

Донских Виталий Геннадьевич, научный сотрудник, ФГБУН Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН; 127276, Российская Федерация, г. Москва, Ботаническая ул., 4; e-mail: donskih.65@yandex.ru; тел.: (967) 269–01–84

Анискина Татьяна Сергеевна, научный сотрудник, ФГБУН Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН; 127276, Российская Федерация, г. Москва, Ботаническая ул., 4; e-mail: tatianiskina@gmail.com; тел.: (905) 545–85–88

Симахин Максим Вячеславович, канд. с.-х. наук, научный сотрудник, ФГБУН Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН; 127276, Российская Федерация, г. Москва, Ботаническая ул., 4; e-mail: simakhin@gbsad.ru; тел.: (915) 317–48–93

Olga V. Ladyzhenskaya, Junior Research Associate, N.V. Tsitsin's Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences (4, Botanicheskaya Str., Moscow, 127276, Russian Federation; phone: (916) 887–74–57; E-mail: o.ladyzhenskaya91@mail.ru)

Vitaliy G. Donskikh, researcher, Research Associate, N.V. Tsitsin's Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences (4, Botanicheskaya Str., Moscow, 127276, Russian Federation; phone: (967) 269–01–84; E-mail: donskih.65@yandex.ru)

Tatiana S. Aniskina, researcher, Research Associate, N.V. Tsitsin's Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences (4, Botanicheskaya Str., Moscow, 127276, Russian Federation; phone: (905) 545–85–88; E-mail: tatianiskina@gmail.com)

Maksim V. Simakhin, CSc (Ag), Research Associate, N.V. Tsitsin's Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences (4, Botanicheskaya Str., Moscow, 127276, Russian Federation; phone: (915) 317–48–93; E-mail: simakhin@gbsad.ru)

ИЗУЧЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ РАЗВИТИЯ СЛИВОВОЙ ПЛОДОЖОРКИ
GRAPHOLITA FUNEBRANA TR. (LEPIDOPTERA: TORTRICIDAE)
В ИЗМЕНЯЮЩИХСЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ
КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ

А.В. ВАСИЛЬЧЕНКО, С.В. ПРАХ, М.Е. ПОДГОРНАЯ

(Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия)

Эффективное управление численностью фитофагов и совершенствование мероприятий по защите насаждений от вредных объектов возможны на основании изучения жизненного цикла в конкретных условиях. В связи с этим ряд вопросов, касающихся биологических особенностей развития сливовой плодожорки в современных условиях, требует уточнения и дополнительного изучения. Жизненный цикл фитофагов определяется двумя основными параметрами: обеспеченностью теплом (суммой эффективной температуры) и продолжительностью светового дня. Количество тепла, необходимое для прохождения отдельных стадий отогенеза, характеризуется величинами суммы среднесуточных температур. В статье приведены результаты наблюдений за развитием *Grapholita funebrana* (Treitschke, 1835) (Lepidoptera: Tortricidae) в 2017–2020 гг. в Прикубанской зоне, центральной подзоне садоводства Краснодарского края. В задачи исследований входило получение новых знаний об адаптивных реакциях, динамических процессах, протекающих в популяции *G. funebrana* в условиях усиления абиотических воздействий в условиях юга России. В ходе исследований установлено, что изменяющиеся климатические условия, которые наблюдаются в последние годы, оказывают влияние на вылет первых бабочек перезимовавшего поколения и набор суммы эффективных температур (СЭТ), необходимых для начала и массового лета фитофага. Показано уточненное количество календарных дней и суммы эффективных температур, требующееся для развития перезимовавшего, первого и второго летнего поколений, в сравнении со среднепогодными показателями. В период массового лета фитофага отмечено несколько пиков, которые происходят ввиду прерывания лета в весенний период при ветре, осадках, при понижении температуры, и летом при высоких температурах в сочетании с атмосферной засухой.

Ключевые слова: сливовые агроценозы, *Grapholita funebrana* Tr., феромонный мониторинг, суммы эффективных температур, фенология, условия среды, адаптация

Введение

В Оценочном докладе Росгидромета (2022 г.) говорится о том, что «...масштабы недавних изменений в климатической системе в целом и нынешнее ее состояние во многих аспектах беспрецедентны на протяжении периодов от многих столетий до многих тысячелетий» [1]. На территории России рост среднегодовой температуры в три раза превышает общемировой показатель. На юге России изменения климата проявляются не только в росте среднемесячной приземной температуры воздуха (основной прирост температур происходит в зимние месяцы), но и в других

климатических характеристиках: показатели экстремальности температурного режима; увеличение жаркого периода с температурами выше +35°C; увеличение количества осадков в весенний сезон; рост суточных максимумов осадков и опасных гидрометеорологических явлений; увеличение длительности периодов с малыми суточными суммами осадков в теплое время [2].

Исследования о влиянии изменения климата на возрастающие фитосанитарные риски, вредные организмы направлены на определение тактики и стратегии защитных мероприятий и сохранение будущего урожая [3].

Яблонная плодовая жорка *Grapholita funebrana* Tr. – основной вредитель в агроценозе сливы. Ее вредоносность проявляется снижением урожайности и качества плодов, потери от фитофага могут превышать 50%. На территории вид распространен от Крыма и Кавказа до Дальнего Востока. В Центральной и Восточной Европе он развивается в одном или двух, в Италии – в трех [4–6]; в России – в двух [7], на юге страны – в трех поколениях [8].

В процессе эволюции у организмов выработались внутривидовые нормы реакции, соответствующие их жизненному циклу в определенном климате. В меняющихся условиях существования насекомые для выживания проявляют адаптивную пластичность, обеспечивая более высокую приспособленность к измененной среде. На резкое стрессовое воздействие различных факторов среды организмы стремительно отзываются всплеском численности, интенсивными темпами метаболических процессов и быстрой сменой поколений. Выделяют ряд пластичных ответов организмов на перемену климата: изменение ареала, численности, фенологии, вольгинизма, морфологии и физиологии, поведения, взаимоотношения с другими видами в структуре сообщества [9].

Понимание адаптивных реакций вредных организмов необходимо при построении системы защиты в агроценозе насаждений сливы с целью снижения потерь и повышения качества урожая. Трансформация ниши обитания – адаптационная реакция вида на меняющиеся условия, глобальное повышение средних температур – расширяет границы заселения чешуекрылых вредителей, что наблюдается в Центрально-Нечерноземной зоне севернее 52° с.ш. [10–12].

Исследование фенологических особенностей является важным для понимания процесса адаптации организмов к измененной среде обитания [13]. В биологии чешуекрылых отзвы организмов на потепление не всегда понятны: вредоносность и численность фитофагов могут как увеличиваться, так и уменьшаться [14, 15]. Адаптационные модификации наиболее часто проявляются изменениями в фенологии. Так, повышение средних температур весеннего периода на 1–1,5°C провоцирует начало лета бабочек на 2–10 дней раньше среднесезонных сроков [16–18].

Воздействие повсеместного потепления на экосистемы, реакции организмов на изменение температурного норм развития – это актуальные темы исследований во всем мире [19–21]. Формирование жизненных форм, приспособленных к новым термическим условиям, влечет за собой серьезные последствия в сфере защиты сельскохозяйственных культур и в целом для продовольственной безопасности [22]. Возникает необходимость изучения адаптационной пластичности фитофагов, откликов на абиотические воздействия, механизмов регуляции и саморегуляции агроценозов [23].

Одна из поставленных задач исследований – получить новые знания по экологии биосистем многолетних агробиоценозов (о типах отклика на абиотические и антропогенные воздействия, механизмах регуляции, саморегуляции и т.д.).

Цель исследований: изучение фенологических особенностей *G. funebrana* в изменяющихся погодноклиматических условиях юга России.

Материал и методы исследований

Исследования проходили во II климатической зоне черноземов лесостепной и степной областей, в Прикубанской зоне, центральной подзоне садоводства Краснодарского края, – на вегетационной площадке ФГБНУ СКФНЦСВВ, г. Краснодар и ЗАО ОПХ «Центральное», г. Краснодар, в 2017–2020 гг. на сливе сорта Кабардинская ранняя.

При проведении опытов использованы общепринятые методики [24, 25].

Динамика лета *G. funebrana* отслеживалась с помощью феромонных ловушек фирмы ООО «Феромон»: для привлечения самцов использовались диспенсеры, пропитанные феромонным препаратом денацил-П, ловушки формы «Дельта» из ламинированного картона. Осмотр проводился ежедневно до начала лета бабочек перезимовавшего поколения, затем каждые 5 дней. Бабочек подсчитывали и удаляли с ловушек либо заменяли поддон с клеем.

Сумма эффективных температур (СЭТ) учитывалась с января, при переходе среднесуточных температур воздуха через +10°C [26] на основании данных Краснодарского краевого центра по гидрологии и мониторингу окружающей среды, станция М-2, г. Краснодар.

Анализ данных проводился в программе Excel.

Результаты и их обсуждение

Исследования, проведенные в 2017–2020 гг. проходили в годы с повышенным температурным режимом: среднегодовая температура воздуха – 13,2–13,4°C, при среднемноголетних – 12,1°C, с недобором осадков – 547–665 мм (среднемноголетняя – 735мм) [27] (рис. 1).

Год	Янв.	Февр.	Март	Апр.	Май	Июнь	Июль	Авг.	Сент.	Окт.	Нояб.	Декаб.	За год
2005	4.5	1.4	2.8	12.9	19.4	20.9	24.7	25.7	20.5	12.4	6.3	5.0	13.0
2006	-5.9	-1.4	7.8	12.7	17.0	23.1	22.8	27.7	19.7	14.1	7.0	2.2	12.2
2007	6.2	1.1	6.4	10.7	20.5	23.4	26.6	27.3	21.4	15.2	5.4	1.9	13.8
2008	-3.7	1.4	10.0	14.5	16.3	21.5	24.5	26.5	18.8	13.6	8.0	1.2	12.7
2009	-0.6	5.4	6.9	10.7	16.1	23.9	25.6	22.2	18.8	15.9	8.4	4.5	13.2
2010	0.1	3.4	5.8	12.2	19.2	24.6	26.8	27.7	21.7	11.5	12.0	7.2	14.4
2011	-0.1	-1.3	4.6	10.0	17.1	22.6	27.1	23.7	19.4	11.7	1.4	5.7	11.8
2012	-0.2	-5.1	3.1	16.5	21.4	24.7	25.8	25.2	21.3	16.8	8.3	2.3	13.3
2013	4.5	5.7	7.6	14.0	21.7	23.5	24.9	25.3	16.9	11.3	9.0	0.8	13.8
2014	0.9	2.6	8.5	13.1	20.1	22.0	25.4	27.1	19.8	10.9	4.8	4.5	13.3
2015	2.1	3.5	7.5	11.1	18.5	23.0	25.2	26.3	23.2	11.1	9.8	4.4	13.8
2016	0.2	7.1	8.5	14.7	17.7	23.4	25.8	27.2	18.8	10.9	7.0	-1.2	13.3
2017	0.6	1.4	9.0	12.1	17.5	22.0	25.5	27.0	22.0	12.3	6.4	5.2	13.4
2018	1.4	3.0	6.3	13.8	19.4	23.8	26.2	25.8	19.9	14.4	4.1	2.6	13.4
2019	2.9	3.1	6.4	11.9	19.1	25.3	23.0	23.7	18.6	13.5	6.5	4.0	13.2
2020	2.3	3.8	9.3	10.4	16.5	22.9	25.4	23.8	21.3	16.2	5.7	1.8	13.3

Рис. 1. Средние месячные и годовые температуры воздуха в г. Краснодаре

По среднегодовым данным начало лета сливовой плодовой гусеницы в прикубанской зоне Краснодарского края отмечалось в конце третьей декады апреля – начале первой декады мая [28]. В ходе феромонного мониторинга были установлены изменения фенологии *G. funebrana*. Наблюдения в исследуемый период показали ежегодный более ранний вылет бабочек перезимовавшего поколения (рис. 2).

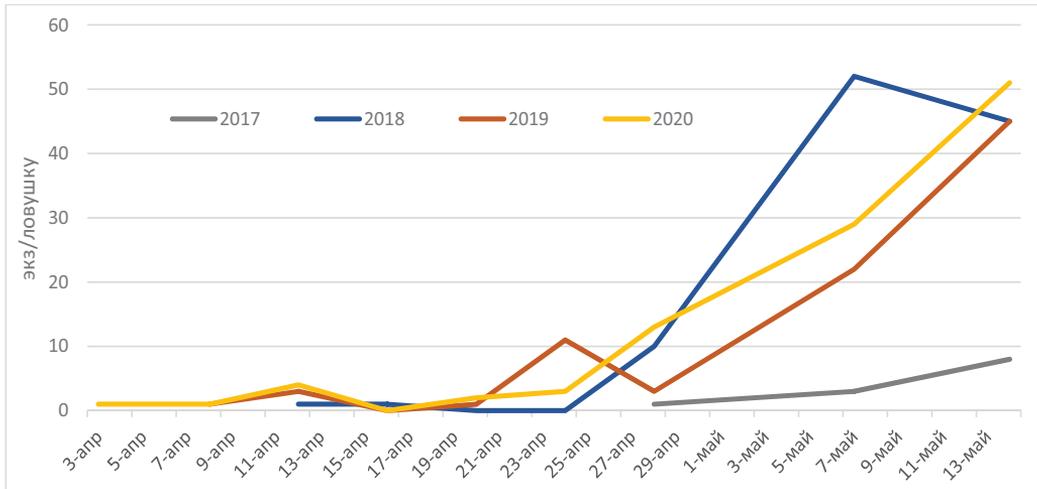


Рис. 2. Динамика начала лета бабочек *G. funebrana* перезимовавшего поколения, вегетационный стационар ФГБНУ СКФНЦСВВ, г. Краснодар, 2017–2020 гг.

Температурный режим зимнего периода 2017 г. был близким к среднегодовым параметрам. В марте температура воздуха поднималась до аномальных отметок (20,8°C), что на 7,6°C выше нормы. В апреле температура опускалась ниже нормы, минимально до –2,5°C. В сложившихся условиях первые бабочки фитофага на ловушках были отмечены 28 апреля, массовый лет наблюдался со второй декады мая, что соответствовало среднегодовым данным.

Погодные условия зимы в 2018 и 2019 гг. характеризовались теплой погодой с превышением температурных норм на 1,5–6,5°C, в весенний период среднегодовым температурные показатели также превышали на 1,4–3,3°C. Такие условия способствовали более раннему вылету первых экземпляров *G. Funebrana*. Появление бабочек на ловушках было отмечено в 2018 г. 12 апреля, что на 16 дней позже, чем в 2017 г., в 2019–8 апреля, что на 18 дней позже, чем в 2017 г. Основной лет перезимовавшей генерации наблюдался в третьей декаде апреля.

Осенне-зимний период 2019 и 2020 гг. был аномально теплым с превышением температурных норм в октябре на 1,5–5, в ноябре – на 2,5–4, в декабре – на 3–5, в январе и феврале – на 1–4°C. Такая же аномально теплая погода установилась в марте, когда температура воздуха поднималась до 23–29°C, что на 2–9,5°C выше нормы. В апреле похолодало, температура опустилась ниже среднегодовым показателей (0,5–4°C), отмечались заморозки (–2,5...–12°C), однако несмотря на пониженный температурный режим, первые экземпляры перезимовавшего поколения отмечены в ловушках 3 апреля, вылет бабочек прошел на 25 дней раньше по сравнению с 2017 г.

Смещение сроков вылета *G. funebrana* отмечается с 2000 гг. [8. При этом наблюдаются более низкие значения суммы эффективных температур [28]. В 2017 г. СЭТ, необходимая для окукливания и вылета первых бабочек, составила 74,9°C, с 2018 по 2020 гг. снизилась с 51,5 до 46,2°C. В результате подсчета суммы эффективных температур, необходимой для основного лета, были установлены подобные изменения СЭТ (рис. 3).

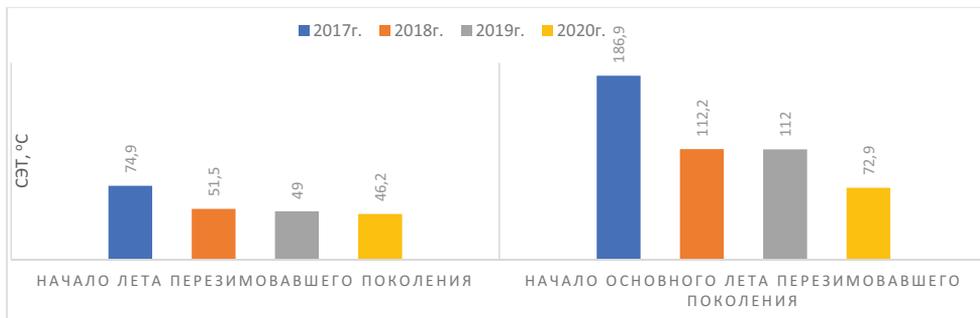


Рис. 3. Динамика суммы эффективных температур лета *G. funebrana* перезимовавшего поколения, 2017–2020 гг.

Полученные данные сумм эффективных температур, необходимых для лета перезимовавшего поколения *G. Funebrana*, позволили определить коэффициент детерминации (R^2), согласно которому в 2017 г. примерно 81% более раннего вылета бабочек был связан с СЭТ, в 2018 и 2019 гг. эта зависимость составила 91%, в 2020 г. – 97%. Соответственно 19, 9 и 3% связаны с иными факторами: минимальной температурой воздуха, интенсивными осадками, ветром и др.

В результате наблюдений за массовым летом бабочек и подсчета суммы эффективных температур установлены нескольких пиков и наслоение лета вредителя: окончание лета бабочек одного поколения и начало вылета имаго последующего. Так в 2020 г., в третьей декаде мая, лет перезимовавшего поколения снизился до 10 экземпляров на ловушку по причине понижения температуры, при повышении температуры отмечен пик лета, состоявший из долетавших бабочек весенней генерации и вылетающих экземпляров первого летнего поколения (рис. 4). *G. funebrana* – бабочка сумеречной активности, у которой наблюдается приостановка лета при неблагоприятных условиях: ветер, осадки, температура ниже 16–18°C [29]. Такая погода переменного характера регистрируется в регионе весной.

Отсутствует четкое разграничение между генерациями: лет минимально снижался до 4 (в 2017 г.), 5 (2018 г.), 7 (2020 г.) экземпляров на ловушку за 7 дней. В 2019 г. минимальные значения лета составили 23–31 экземпляр за 7 дней.

В последнее десятилетие данные феромонного мониторинга *G. funebrana* в Краснодарском крае указывают на развитие полных трех поколений вместо двух. Этот факт был подтвержден исследованиями в период 2017–2020 гг.

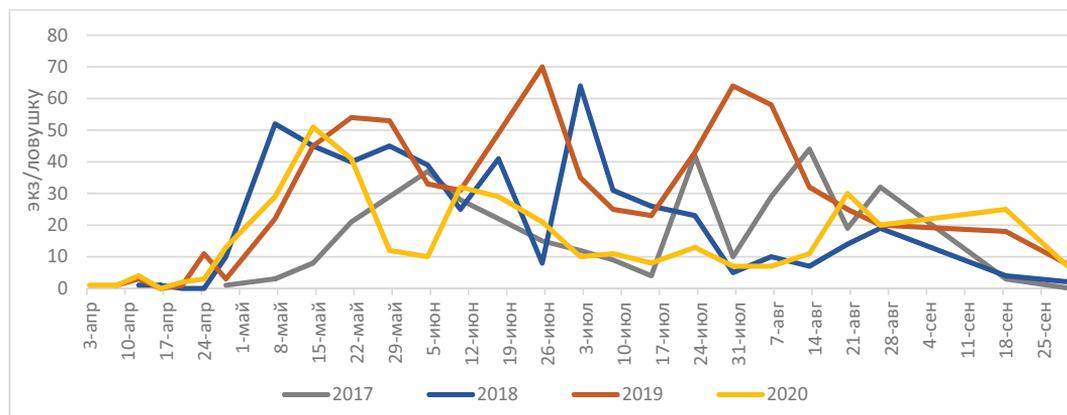


Рис. 4. Динамика лета бабочек *G. funebrana*, 2017–2020 гг.

Четырехлетними наблюдениями установлено, что развитие перезимовавшей генерации *G. Funebrana*: от вылета первых экземпляров фитофага в апреле до лета бабочек первой летней генерации во второй-третьей декадах июня – проходит за 59–70 календарных дней с набором суммы эффективных температур 519–614°C (рис. 5).



Рис. 5. Динамика суммы эффективных температур, необходимых для развития сливовой плодовой жорки, 2017–2020 гг.

Для развития первой летней генерации понадобилось 35–45 дней с набором суммы эффективных температур 551–576,7°C. В этом ряду выделяется 2018 г., когда в третьей декаде июля, перед вылетом бабочек второго летнего поколения, средние температуры воздуха составляли 27–29,5°C, то есть наблюдался верхний термический предел, тормозящий развитие насекомого.

Вторая летняя генерация развивается с третьей декады июля, лет длится 65–70 дней. Теплая погода сентября является благоприятной для лета фитофага, единичные особи долетают на ловушки в октябре.

Выводы

В результате наших исследований установлены изменения в фенологии *G. funebrana*:

- ежегодный более ранний вылет бабочек перезимовавшего поколения;
- снижение суммы эффективных температур, необходимой для вылета первых экземпляров особей и основного лета;
- установлена зависимость лета перезимовавшего поколения сливовой плодовой жорки от суммы эффективных температур, что подтверждено расчетом коэффициента детерминации (R^2);
- в период массового лета фиксируется несколько пиков, происходящих по причине прерывания лета в весенний период при ветре, осадках, температуре ниже 16–18°C и летом при высоких температурах в сочетании с атмосферной засухой;
- уточнены суммы эффективных температур и количество календарных дней для развития перезимовавшего поколения и двух летних генераций.

Работа выполнена в рамках научных исследований по теме № 0689–2016–0011 «Изучение закономерностей трансформации основных ксенобиотиков в многолетних агроэкосистемах под влиянием технологий защиты для разработки научно обоснованных принципов управления качеством и безопасностью плодово-ягодной продукции».

Библиографический список

1. Виноградова В.В., Глезер О.Б., Грачева Р.Г. и др. Воздействие изменения климата на человеческий потенциал, экономику и экосистемы: Доклады к XXIII Международной научной конференции по проблемам развития экономики и общества / Под ред. Л.Н. Проскуряковой. – М.: Издательский дом Высшей школы экономики, 2022. – 76 с.
2. Шумаков И.А., Соколов В.В. и др. Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. – СПб.: Научно-технологические технологии, 2022. – 124 с.
3. Научный обзор влияния изменения климата на вредные для растений организмы: глобальная задача по предотвращению и смягчению фитосанитарных рисков в сельском хозяйстве, лесном хозяйстве и экосистемах / ФАО от имени Секретариата Международной конвенции по карантину и защите растений. Рим, 2021. – [Электронный ресурс]. – URL: <https://doi.org/10.4060/cb4769ru> (дата обращения: 27.01.2023).
4. EPPO Global Database. – [Электронный ресурс]. – URL: <https://gd.eppo.int/taxon/LASPFU/distribution> (дата обращения: 03.02.2021).
5. TortAI. Tortricids of Agricultural Importance. – URL: http://idtools.org/id/leps/tortai/Grapholita_funebrana.htm (дата обращения: 03.02.2021).
6. Rizzo R., Lo Verde G. Primi studi sulla biologia e sul controllo di *Cydia funebrana* (Treitschke) in susinetti biologici siciliani // In Progetto per lo sviluppo dell'Agricoltura Biologica in Sicilia. – Atti del Convegno – Palermo: Regione Siciliana, Italy, 2011. – Pp. 239–248.
7. Зейналов А.С. Биоэкология северной популяции сливовой плодовой гусеницы *Grapholita funebrana* TR. (LEPIDOPTERA: TORTRICIDAE) в условиях Центрально-Нечерноземной зоны России // Сельскохозяйственная биология. – 2018. – Т. 53, № 5. – С. 1080–1088.
8. Васильченко А.В. Биолого-экологические особенности развития сливовой плодовой гусеницы в Краснодарском крае в условиях климатических изменений // Биология растений и садоводство: теория, инновации. – 2019. – № 2 (151). – С. 132–137.
9. Мусолин Д.Л., Саулич А.Х. Реакции насекомых на современное изменение климата: от физиологии и поведения до смещения ареалов // Энтомологическое обозрение. – 2012. – № 91 (1). – С. 3–35.
10. Cormont A., Malinowska A.H., Kostenko O., Radchuk V., Hemerik L., WallisDeVries M.F. & Verboom J. Effect of local weather on butterfly flight behaviour, movement, and colonization: significance for dispersal under climate change // Biodiversity and Conservation. – 2001. – № 20. – Pp. 483–503.
11. Kuussaari M., Rytteri S., Heikkinen R.K., Heliölä J. and Bagh P. Weather explains high annual variation in butterfly dispersal // Proc Biol Sci. – 2016. – № 283 (1835).
12. Зейналов А.С. Особенности развития и регулирования численности сливовой плодовой гусеницы *Grapholita funebrana* FR. в Центрально-Нечерноземной зоне // Плодоводство и ягодоводство России. – 2017. – № 48 (1). – С. 107–110.
13. Кулиева Х. Эколого-физиологические основы прогноза развития вредных насекомых. – LAP LAMBERT Acad. Publ., 2012. – 155 с.
14. Roy D.B., Rothery P., Moss D., Pollard E., Thomas J.A. Butterfly numbers and weather: predicting historical trends in abundance and the future effects of climate change // Journal of Animal Ecology. – 2001. – № 70. – Pp. 201–217.
15. Lehmann P., Ammunét T., Barton M. Complex responses of global insect pests to climate warming // Frontiers in Ecology and the Environment. – 2020. – № 18 (3). – Pp. 141–150.
16. Roy D.B., Sparks T.H. Phenology of British butterflies and climate change // Global Change Biology. – 2000. – Vol. 6. – Pp. 407–416.
17. Stefanescu C., Penuelas J., Filella I. Effects of climatic change on the phenology of butterflies in the northwest Mediterranean Basin // Global Change Biology. – 2003. – Vol. 9. – Pp. 1494–1506.

by the sum of average daily temperatures. The article presents the results of observations on the development of *Grapholita funebrana* (Treitschke, 1835) (Lepidoptera: Tortricidae) in 2017–2020, in the Prikubansky zone of the central horticultural subzone of the Krasnodar Territory. The research objectives included gaining new knowledge about adaptive responses, dynamic processes occurring in the *G. funebrana* population under conditions of increased abiotic effects in the conditions of southern Russia. In the course of the research it was established that the changing climatic conditions observed in recent years have an impact on the flight of the first butterflies of the overwintering generation and on the set of sum of effective temperatures (SET) necessary for the onset and mass flight of the phytophagus. The specified number of calendar days and the sum of effective temperatures required for the development of the overwintered, first and second summer generations are shown in comparison with the average annual indicators. Several peaks were noted during the mass flight period of phytophagus, due to the interruption of the flight period in spring with wind, precipitation, low temperatures, and in summer with high temperatures combined with atmospheric dryness. Several peaks have been observed during the mass flight period of the phytophage, due to the interruption of flight in the spring by wind, precipitation, lower temperatures, and in the summer by high temperatures combined with atmospheric drought.

Key words: plum agrocenoses, *Grapholita funebrana* Tr., pheromone monitoring, sum of effective temperatures, phenology, environmental conditions, adaptation.

References

1. Vinogradova V.V., Glezer O.B., Gracheva R.G. et al. L.N. The impact of climate change on human potential, economies and ecosystems: Proceedings of the XXIII International Scientific Conference on Economic and Social Development. Ed. by Proskuryakova. M.: Izd. dom Vysshey shkoly ekonomiki, 2022: 76. (In Rus.)
2. Shumakov I.A., Sokolov V.V. et al. The third assessment report on climate change and its consequences on the territory of the Russian Federation. St. Petersburg: Naukoemkie tekhnologii, 2022: 124. (In Rus.)
3. Scientific review of the impact of climate change on organisms harmful to plants: a global challenge to prevent and mitigate phytosanitary risks in agriculture, forestry and ecosystems. FAO on behalf of the Secretariat of the International Plant Protection Convention. Rome, 2021. [Electronic source]. URL: <https://doi.org/10.4060/cb4769ru> (Access date: 27.01.2023). (In Rus.)
4. EPPO Global Database. [Electronic source]. URL: <https://gd.eppo.int/taxon/LASPFU/distribution> (Access date: 03.02.2021).
5. TortAI. Tortricids of Agricultural Importance. [Electronic source]. URL: http://id-tools.org/id/leps/tortai/Grapholita_funebrana.htm (Access date: 03.02.2021).
6. Rizzo R., Lo Verde G. First studies on the biology and control of *Cydia funebrana* (Treitschke) in Sicilian organic plum orchards. In Project for the development of Organic Agriculture in Sicily. Proceedings of the Conference. Italy, Palermo: Regione Siciliana. 2011: 239–248. (In Ital.)
7. Zeynalov A.S. Bioecology of the northern population of the plum moth *Grapholita funebrana* TR. (LEPIDOPTERA: TORTRICIDAE) in the conditions of the Central Non-Chernozem zone of Russia. Sel'skokhozyaystvennaya biologiya. 2018; 53; 5: 1080–1088. (In Rus.)
8. Vasilchenko A.V. Biological and ecological features of the development of the plum moth in the Krasnodar Territory in the conditions of climatic changes. Biologiya rasteniy i sadovodstvo: teoriya, innovatsii. 2019; 2 (151): 132–137. (In Rus.)
9. Musolin D.L., Saulich A.Kh. Insect reactions to modern climate change: from physiology and behavior to shifting habitats. Entomologicheskoe obozrenie. 2012; 91(1): 3–35. (In Rus.)

10. *Cormont A., Malinowska A.H., Kostenko O., Radchuk V., Hemerik L., WallisDeVries M.F. & Verboom J.* Effect of local weather on butterfly flight behaviour, movement, and colonization: significance for dispersal under climate change. *Biodiversity and Conservation*. 2001; 20: 483–503.
11. *Kuussaari M., Rytteri S., Heikkinen R.K., Heliölä J. and Bagh P.* Weather explains high annual variation in butterfly dispersal. *Proc Biol Sci*. 2016: 283(1835).
12. *Zeynalov A.S.* Features of development and regulation of the number of plum fruitworm *Grapholitha funebrana* FR. in the Central Non-Chernozem zone. *Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii*. 2017; 48(1): 107–110. (In Rus.)
13. *Kulieva Kh.* Ecological and physiological bases of the forecast of the development of harmful insects. LAP LAMBERT Acad. Publ. 2012: 15.
14. *Roy D.B., Rothery P., Moss D., Pollard E., Thomas J.A.* Butterfly numbers and weather: predicting historical trends in abundance and the future effects of climate change. *Journal of Animal Ecology*. 2001; 70: 201–217.
15. *Lehmann P., Ammunét T., Barton M.* Complex responses of global insect pests to climate warming. *Frontiers in Ecology and the Environment*. 2020;18(3): 141–150.
16. *Roy D.B., Sparks T.H.* Phenology of British butterflies and climate change. *Global Change Biology*. 2000; 6: 407–416.
17. *Stefanescu C., Penuelas J., Filella I.* Effects of climatic change on the phenology of butterflies in the northwest Mediterranean Basin. *Global Change Biology*. 2003; 9: 1494–1506.
18. *Mityushev I.M.* Effect of climatic factors on the seasonal flight dynamics and pheromone monitoring effectiveness of the codling moth, *Cydia pomonella* L. *Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii*. 2019; 56; 2: 148–155. (In Rus.)
19. *Titenberg T.* Economics of nature management and environmental protection. Moscow: Olma-Press, 2001: 298. (In Rus.)
20. *Klapwijk M.J., Csóka G., Hirka A., Björkman C.* Forest insects and climate change: Long-term trends in herbivore damage. *Ecology and Evolution*. 2013; 3(12): 4183–4196.
21. *Kollberg I., Bylund H., Schmidt A., Björkman C.* Multiple effects of temperature, photoperiod and food quality on the performance of a pine sawfly. *Ecological Entomology*. 2013; 38(2): 201–208.
22. *Sharma H.C.* Climate Change Effects on Insects: Implications for Crop Protection and Food Security. *Journal of Crop Improvement*. 2014; 28 (2): 229–259.
23. *Prakh S.V., Mishchenko I.G.* Monitoring of pests and diseases of stone crops as a scientific basis for the technology of protective measures. *Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii*. 2017; 49: 265–269. (In Rus.)
24. *Egorov E.A.* Methodological and analytical support of horticulture research. Krasnodar: GNU SKZNIISiV, 2010: 300. (In Rus.)
25. *Dospikhov B.A.* Methodology of field experience. M.: Al'yans, 2014: 352. (In Rus.)
26. *Kozhanchikov I.V.* Methods of insect ecology research. Moscow: Vysshaya shkola, 1961: 283. (In Rus.)
27. Weather and climate. [Electronic source]. URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/history/34927.htm> (Access date: 17.03.2021). (In Rus.)
28. *Prakh S.V., Mishchenko I.G., Podgornaya M.E.* Features of the development of the causative agent of klasterosporiosis and monitoring of plum moth in plum plantations of the Krasnodar Territory. *Plodovodstvo i vinogradarstvo Yuga Rossii*. 2015; 35(05): 26–27. (In Rus.)
29. *Vasiliev V.P., Livshits I.Z.* Pests of fruit crops. M.: Kolos, 1984: 399. (In Rus.)

Васильченко Анфиса Витальевна, младший научный сотрудник лаборатории защиты и токсикологического мониторинга многолетних агроценозов; e-mail: anfisaVV@yandex.ru

Прах Светлана Владимировна, канд. биол. наук, старший научный сотрудник лаборатории защиты и токсикологического мониторинга многолетних агроценозов; e-mail: sp41219778@yandex.ru

Подгорная Марина Ефимовна, канд. биол. наук, заведующий лабораторией защиты и токсикологического мониторинга многолетних агроценозов; e-mail: plantprotecshion@yandex.ru

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия»; Российская Федерация, г. Краснодар, ул. им. 40-летия Победы, 39; garden_center@mail.ru

Anfisa V. Vasilchenko, Junior Research Associate, Laboratory of Protection and Toxicological Monitoring of Perennial Agrocenoses, North Caucasian Federal Scientific Center of Horticulture, Viticulture, Wine-making (39, 40 – Letiya Pobedy Str., Krasnodar, 350901, Russian Federation; E-mail: anfisaVV@yandex.ru)

Svetlana V. Prakh, CSc (Bio), Senior Research Associate, Laboratory of Protection and Toxicological Monitoring of Perennial Agrocenoses, North Caucasian Federal Scientific Center of Horticulture, Viticulture, Wine-making (39, 40 – Letiya Pobedy Str., Krasnodar, 350901, Russian Federation; E-mail: sp41219778@yandex.ru)

Marina E. Podgornaya, CSc (Bio), Head of Laboratory of Protection and Toxicological Monitoring of Perennial Agrocenosis, North Caucasian Federal Scientific Center of Horticulture, Viticulture, Wine-making (39, 40 – Letiya Pobedy Str., Krasnodar, 350901, Russian Federation; E-mail: garden_center@mail.ru)

ПРОДУКТИВНОСТЬ СЕВООБОРОТА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СИСТЕМ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ В ДЛИТЕЛЬНОМ ОПЫТЕ

А.Г. ДЗЮИН

(Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Удмуртский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук)

Решение проблемы воспроизводства плодородия почв – одна из главных задач в земледелии Удмуртской республики и Нечерноземья. Наиболее приемлемый способ решения – биологизация, предусматривающая снижение объемов химических и увеличение биологических средств. При дефиците навоза применение только сидератов или соломы не решает проблему. На кислых почвах необходимо комплексное воздействие на почву, прежде всего – известкование и применение оптимальных доз минеральных удобрений, способствующих повышению продуктивности земель и севооборота в короткие сроки.

На Удмуртском НИИСХ с 1971 г. в 8-польном севообороте (1 – пар; 2 – озимая рожь; 3 – картофель, кукуруза; 4 – яровая пшеница; 5 – клевер; 6 – клевер; 7 – озимая рожь; 8 – ячмень) изучаются различные системы удобрений. Фактор А – фоны: 0 – нулевой [10]; I^2 – известь по $1N_7$ (4,9 т/га $CaCO_3$) в первой + $2N_7$ (7,5 т/га) во второй ротации; H^5C – навоз 40 (1 ротация) + 60 т/га (2–5 ротации) + сидерат (6 ротация); I^2H^5C – известь + навоз + сидерат аналогично. Фактор В – варианты. Рассматриваются варианты без удобрений и НРК. Известь снизила кислотность почвы до нейтрального уровня, в четвертой ротации незначительно повысилась. Содержание P_2O_5 , K_2O , гумуса достигло наибольшего уровня в пятой ротации на унавоженных фонах. В результате за 6 ротаций получению 3,23 и 3,31 т з.е./га (на 18,3 и 22,0% больше, чем без удобрений). В системах с известью и навозом минеральные удобрения повысили продуктивность севооборота на 32,4–35,7% в среднем за весь период. Оптимальные дозы для 3,0–4,0 т з.е./га составили 40–50 кг д.в./га НРК. Снижение доз с 40–60 до 10–30 кг/га НРК за последние 2 ротации привело к снижению продуктивности севооборота (2,74–2,84) на 0,41–0,49 т з.е./га. Известково-органоминеральная система удобрения в третьей, четвертой, пятой ротациях с добавлением микроудобрений (цинк – озимая рожь, кобальт – картофель, медь – яровая пшеница, ячмень, бор, молибден – клевер) [9] обеспечивала наибольшую продуктивность севооборота: 4,67; 4,25; 3,32 т з.е./га, с наивысшими прибавками – 2,05; 1,12; 1,05 т з.е./га, или 78,2; 35,8; 46,2% соответственно ротациям. Навоз на сидерат – горохоовсяную смесь – можно заменять только периодически.

Ключевые слова: севооборот, известь, навоз, минеральные удобрения, сидеральные удобрения, продуктивность, плодородие почвы

Введение

Наиболее действенным средством повышения урожайности полевых культур на дерново-подзолистых почвах является комплексное применение известковых, органических и минеральных удобрений [13, 18]. Без удобрений никакие другие факторы (сорт, средства защиты растений и т.п.) не могут обеспечить повышение плодородия почв [21] и увеличение урожайности.

В научной литературе опубликованы работы по эффективности различных систем удобрений, и большинство исследователей отдают предпочтение известково-органоминеральной системе удобрений [3, 14]. Другие исследователи обращают больше внимания органоминеральной системе [15, 18, 23]. Имеются данные,

указывающие на эффективность минеральной системы [13, 24]. Опыты на дерново-среднеподзолистых среднесуглинистых почвах показали, что «...самым эффективным средством повышения урожайности культур являлось применение полного минерального удобрения. Наибольшая продуктивность севооборота (4,76 т з.е/га) была получена во второй ротации при внесении минеральных удобрений в дозах N147–461P200K160. При этом на величину урожая оказывали влияние все виды внесенных минеральных удобрений...» [14].

Система удобрений в каждой ротации должна уточняться. Такая постановка вопроса определяется длительностью действия удобрительных средств: извести, навоза, НРК. Совместное применение удобрений повышает урожайность культур севооборота. Например, внесение НРК (116 кг/га), навоза (8,8 т/га пашни) и извести в севообороте позволило получить: зерновых – до 3,74 т/га; сена клевера – 6,9 т/га; картофеля – 29,2 т/га; кукурузы (зеленая масса) – 49,6 т/га» [2].

По данным С.И. Поповой и др. [20], на дерново-подзолистых почвах за 4 ротации севооборота известково-органоминеральная система удобрения обеспечила рост продуктивности севооборота с 1,74 до 3,15 т к.е/га, известково-минеральная – 3,30, органоминеральная – 2,94 т/га. Эффективность удобрений в значительной степени зависит от погодных условий, причем определяющим фактором является обеспеченность влагой [22].

Цель исследований: разработать системы удобрений на дерново-среднеподзолистой среднесуглинистой почве с внесением минеральных удобрений, извести, навоза, соломы и сидератов в длительном опыте, для повышения продуктивности севооборота [6]. Задачами исследований являлись: влияние минеральных удобрений на продуктивность севооборота [14] в зависимости от сочетаний с фоновыми удобрениями; влияние пониженных доз минеральных удобрений на продуктивность севооборота [14]; возможность замены навоза как фонового удобрения на сидерат – горохоовсяную смесь.

Материал и методы исследований

Длительный стационарный опыт был заложен в 1971–1972 гг. в 2-кратной повторности с интервалом в один год. Севооборот – 8-польный с чередованием культур: 1 – пар черный; 2 – озимая рожь; 3 – картофель в первой-третьей ротациях; кукуруза в четвертой-пятой ротациях; 4 – яровая пшеница + клевер; 5 – клевер 1 г.п.; 6 – клевер 2 г.п.; 7 – озимая рожь; 8 – ячмень [5]. Высевались районированные в республике сорта культур. С момента закладки прошло 6 ротаций. Схема опыта состоит из следующих двух факторов.

Фактор А – фоны: 0 – нулевой; I^2 – известь (в форме известняковой муки) по $1N_{\Gamma}$ в начале первой ротации севооборота (4,9 т/га $CaCO_3$) + по $2N_{\Gamma}$ в начале второй ротации (7,5 т/га $CaCO_3$); H^5C – навоз крупного рогатого скота 40 т/га под первую ротацию севооборота + по 60 т/га под вторую-пятую ротации + сидерат в шестой ротации; I^2H^5C – известь по $1N_{\Gamma}$ под первую и по $2N_{\Gamma}$ под вторую ротации + навоз 40 т/га под первую и по 60 т/га под вторую-пятую ротации [8] + сидерат в шестой ротации (табл. 1). В качестве сидерата в почву заделали горохоовсяную смесь – 18 т/га.

Фактор В – варианты с внесением минеральных удобрений. Рассматриваются два варианта: первый – без удобрений; пятый – с внесением полного удобрения НРК. Среднегодовые дозы удобрений составили: в первой ротации – N64P46K46; во второй – N92P86K77; в третьей – N56P46K46; в четвертой – N30P28K17. Достигнутый уровень плодородия почвы после четвертой ротации позволил снизить дозы применения минеральных удобрений. В этой связи в пятой и шестой ротациях изучали пониженные уровни минеральных удобрений в севообороте: от N10P10K10 до N60P60K60 с шагом в 10 кг/га.

Схема внесения фоновых удобрений по ротациям

Система	Ротация						
	1	2	3	4	5	6	Символ
Минеральная	О	О	О	О	О	О	О
Известково-минеральная	И по 1Нг	И по 2Нг	–	–	–	–	И ²
Органо-минеральная [10]	Н ⁴⁰	Н ⁶⁰	Н ⁶⁰	Н ⁶⁰	Н ⁶⁰	С ¹⁸	Н ⁵ С
Известково-органоминеральная [10]	И по 1Нг + Н ⁴⁰	И по 2Нг + Н ⁶⁰	Н ⁶⁰	Н ⁶⁰	Н ⁶⁰	С ¹⁸	И ² Н ⁵ С
Условные обозначения	О – без удобрений; И – известь; Н _r – гидролитическая кислотность; Н – навоз (в числителе – количество, т/га); С – сидеральное удобрение (в числителе – количество, т/га)						

В третьей-шестой ротациях дважды за ротацию севооборота запахивали солому озимой ржи. Почва – дерново-среднеподзолистая среднесуглинистая с агрохимическими данными до закладки опыта: рН_{KCl} – 5,0; Нг по Каппену – 2,7 мг-экв/100 г; S (сумма поглощенных оснований) по Каппену-Гильковицу – 14,8 мг-экв/100 г, Р₂О₅ и К₂О по Кирсанову – 52,0 и 92 мг/кг почвы соответственно; гумус по Тюрину – 2,5% [8]. Повторность опыта – четырехкратная. Статистическую обработку урожайности произвели методом дисперсионного анализа данных многофакторного полевого опыта (метод рендомизированных повторений-блоков) по Б.А. Доспехову [12]. Наблюдение метеоусловий проводилось агрометеорологической станцией «Ижевск» на смежных полях стационара.

Агроклиматический район имеет неустойчивый характер увлажнения. Нередко испарение превышает количество выпавших осадков, бывают засухи [4]. Метеорологические условия в годы проведения исследований были типичными для зоны [4], характеризуюсь существенными различиями как по температурному режиму воздуха, так и по осадкам. Не совсем благоприятными были погодные условия в период прохождения первой ротации севооборота (1971–1979 гг.). По причине сильной засухи в 1973 г. пострадала яровая пшеница, в 1975 г. – клевер 1 г.п. В отдельные годы вследствие недостатка осадков в мае, июне, июле наблюдалось снижение урожаев от внесения минеральных удобрений. Майские и июньские засухи часто возникали и в годы второй ротации севооборота (1980–1987). Во время третьей ротации (1988–1995) отдельные годы (1988, 1989, 1991, 1995) характеризовались высокой температурой воздуха в первой половине вегетации растений и существенным недостатком влаги в мае-августе (40–72% от среднемноголетнего количества) [1, 9]. За период прохождения четвертой ротации севооборота (1996–2003 гг.) засуха создавалась во все годы: в июне 1999 г., в июле 1996–1998 гг., в 2000–2003 гг. В годы пятой ротации (2004–2011) засушливые условия были в июне 2006, 2008 и 2010 гг. Участвовавшие засухи в июне и июле 2009 г., и особенно в экстремальном 2010 г., задерживали рост и развитие растений. Значительное влияние весенне-летние засухи на продуктивность севооборота оказывали в шестой ротации (2012–2019 гг.), повторяясь ежегодно и через год.

Результаты и их обсуждение

В стационарном опыте многолетние исследования показали, что кислая дерново-подзолистая почва процессу окультуривания подвергается медленно, в течение довольно длительного времени. Так, в первой ротации на среднекислой почве от внесения извести по 1 Н_Г и навоза 5,0 т/га севооборотной площади [3], несмотря на то, что отмечено повышение продуктивности как без применения минеральных удобрений, так и с применением их в дозах N64P46K46 (продуктивность севооборота от минеральных удобрений в среднем по фонам увеличилась с 2,19 до 2,64 т з.е/га), заметно сдерживающее влияние извести на рост продуктивности севооборота даже в сочетании с навозом (табл. 2). Наиболее наглядно это проявилось во второй ротации севооборота. Подтверждением этого являются данные Л.П. Огородникова [19] о том, что «...дерново-подзолистая суглинистая почва, известкованная по 1Н_Г, подкислялась до исходных значений на 7-й год действия мелиорантов». Слабое действие извести следует объяснить также наличием в известняковой муке частиц крупнее 1 мм (18%) при содержании 80% CaCO₃.

Во второй ротации севооборота аналогично первой наилучшее свое действие проявила органоминеральная система удобрения (внесено N92P86K77 под культуру, навоза 7,5 т/га севооборотной площади), обеспечившая получение 3,32 т з.е/ га [6]. В опыте ЦОС ВИУА органоминеральная система удобрения (навоз 12,5 т/га севооборотной площади и N127P75K176) обеспечила получение 5,0 т з.е/га [16].

Существенное повышение продуктивности севооборота произошло при полном сочетании компонентов системы удобрений в третьей ротации. Так, известково-органоминеральная система удобрения с внесением извести под первую по 1Н_Г и под вторую ротации по 2Н_Г, навоза под каждую ротацию по 40, 60, 60 т/га и минеральных удобрений в дозах N64P46K46, N92P56K77, N56P46K46 соответственно обеспечила получение наибольшей продуктивности севооборота – 4,00 т з.е/ га в год. В варианте с добавлением микроудобрений (цинк под озимую рожь, кобальт под картофель, медь под яровую пшеницу и ячмень, бор и молибден под клевер) продуктивность севооборота увеличилась до 4,67 т з.е/ га [6].

В четвертой ротации продуктивность севооборота также была выше по известково-органоминеральной системе удобрений. При внесении пониженных доз (N30P28K17) она составила 3,81 т з.е/га. Повышение доз удобрений (N81P80K102) привело к росту продуктивности севооборота, составив 4,12 т/га, с использованием комплекса микроудобрений – 4,25 т/га. Этой системе незначительно уступала органоминеральная (4,01 т/га) система, и существенно – известково-минеральная (3,54) и минеральная (3,55 т з.е/га) системы [6]. С увеличением насыщенности севооборота удобрениями повышались агрономическая эффективность и экономические показатели (рентабельность составила более 100%). В севообороте с двумя полями клевера 2-кратное использование соломы озимой ржи за ротацию в качестве удобрения повлияло на урожайность культур: на нулевом фоне в четвертой ротации продуктивность севооборота достигла величины 2,52 т з.е/га.

Длительное применение удобрений в стационарном опыте показало, что изменение параметров плодородия почвы зависело от фоновых удобрений. Со времени закладки опыта (1971–1972 гг.) на нулевом и унавоженном фонах произошло подкисление почвы. Величина рН_{КС1} в среднем понизилась с 5,00 до 4,60 и 4,80 к началу, до 4,44 и 4,96 – соответственно к концу четвертой ротации севооборота. Сумма поглощенных оснований уменьшилась с 14,8 до 12,1–13,0 и 12,5–14,6 мг-экв/ 100 г почвы, степень насыщенности основаниями – с 85,2 до 76,0–77,0 и 73,0–78,0% соответственно [4].

Таблица 2

Влияние фонов на продуктивность севооборота в зависимости от внесения минеральных удобрений по ротациям, т з.е/ га (1971–2019 гг.)

Фон	Ротация												Среднее	
	1		2		3		4		5		6			
	Ср. годовая	Прибавка												
Без минеральных удобрений														
О	1,98	–	2,55	–	2,01	–	2,52	–	1,83	–	1,80	–	2,13	–
И ²	2,19	0,21	2,49	–0,06	1,93	–0,08	2,57	0,05	1,91	0,08	2,32	0,42	2,24	0,11
Н ⁵ С	2,33	0,35	2,94	0,39	2,53	0,52	3,05	0,52	2,25	0,42	2,33	0,49	2,57	0,44
И ² Н ⁵ С	2,28	0,30	2,75	0,20	2,62	0,61	3,13	0,61	2,27	0,44	2,24	0,34	2,55	0,42
Среднее	2,19	–	2,68	–	2,27	–	2,82	–	2,06	–	2,20	–	2,37	–
С внесением минеральных удобрений														
О	2,40	–	3,21	–	3,12	–	3,17	–	2,55	–	2,59	–	2,84	–
И ²	2,68	0,28	3,04	–0,17	3,24	0,12	3,35	0,18	2,50	–0,05	2,77	0,18	2,93	0,09
Н ⁵ С	2,75	0,35	3,32	0,11	3,79	0,67	3,71	0,54	2,79	0,24	3,02	0,43	3,23	0,39
И ² Н ⁵ С	2,72	0,32	3,22	0,01	4,00	0,88	3,81	0,64	2,91	0,36	3,18	0,59	3,31	0,47
Среднее	2,64	–	3,20	–	3,54	–	3,51	–	2,69	–	2,89	–	3,08	–
НСР ₀₅	–	0,19	–	0,35	–	0,18	–	0,08	–	0,13	–	0,07	–	0,17
Прибавки от минеральных удобрений														
О	0,42		0,66		1,11		0,65		0,72		0,69		0,71	
И ²	0,49		0,55		1,31		0,78		0,59		0,45		0,69	
Н ⁵ С	0,42		0,28		1,26		0,66		0,54		0,45		0,69	
И ² Н ⁵ С	0,44		0,47		1,38		0,58		0,64		0,94		0,76	
Среднее	0,45		0,52		1,27		0,69		0,63		0,69		0,71	
НСР ₀₅	0,32		0,27		0,20		0,03		0,11		0,05		0,14	

Известкование (фоны И² и И²Н⁴), проведенное повторно в начале второй ротации севооборота по двойной гидrolитической кислотности, увеличило величину рН_{КСЛ} к началу четвертой ротации севооборота до 6,60 ед. в среднем (максимально возросла до 6,80 ед.). Но к концу ротации севооборота она снизилась

до 6,44 на известкованном (I^2) и на 6,32 – унавоженном (I^2N^4) фонах. Гидролитическая кислотность снизилась с 2,70 до 0,83 и 0,97 на фоне I^2 и 0,98 и 1,31 мг-экв/100 г почвы на фоне I^2N^4 соответственно. Сумма поглощенных оснований и степень насыщенности основаниями стали значительно выше. На фоне I^2 к началу ротации она достигла 21,6. К концу ротации она составляла 23,7, на фоне I^2N^4 – соответственно 24,6 и 23,2 мг-экв/100 г почвы [5].

Минеральные удобрения повышали продуктивность севооборота. Внесение $N10P10K10$ в пятой ротации увеличило ее на 0,54–0,72 т з.е/га в зависимости от фона при HCP_{05} –0,11 т/га (табл. 2). Последовательное увеличение доз на $N10P10K10$ приводило к возрастанию продуктивности практически на равную величину: на 0,03; 0,08; 0,03; 0,08; 0,07 т з.е/га). Внесение микроэлементов в сочетании с $N60P60K60$ также увеличило урожайность на 0,03 т з.е/га по отношению к $N50P50K50$. Прибавка к контролю без удобрений в варианте $N60P60K60$ + микроэлементы составила 0,92 т з.е/га, или 45,1%. Наибольшее влияние на продуктивность севооборота оказал азот. Так, доля азота на уровне 40 кг д.в/га составила 23,5%, фосфора – 17,2%, калия – 16,2%. Лучшие условия для питания растений создавались на унавоженных фонах N^5 и I^2N^5 , обеспечившие получение 2,79 и 2,91 т з.е/га в год (с прибавками – по 0,24 и 0,36 т/га, HCP_{05} –0,13).

Использование сидерата (горохоовсяной смеси) вместо навоза оказалось вполне приемлемым средством для поддержания плодородия почвы и повышения продуктивности севооборота. Продуктивность его в шестой ротации не снизилась. Она увеличилась по сравнению с пятой ротацией и составила без минеральных удобрений 2,20, с удобрениями – 2,89 против 2,06 и 2,69 т з.е/га в среднем. Эффективность сидерата усиливалась во взаимодействии с соломой озимой ржи, которая использовалась на двух полях севооборота за последние 4 ротации.

Улучшились условия питания для растений. Органоминеральная и известково-органоминеральная системы удобрений обеспечили достижение наибольшей продуктивности севооборота – 2,33 и 2,24 т з.е/га без внесения минеральных удобрений и 3,02–3,18 т з.е/га – соответственно в сочетании с ними. Минеральная и известково-минеральная системы по продуктивности уступили названным системам (табл. 2), однако высокое действие на продуктивность севооборота минеральных удобрений сохранилось. Меньшие дозы их внесения ($N10P10K10$) увеличили продуктивность на 0,45–0,84 т з.е/га. С увеличением доз удобрений продуктивность севооборота возрастала на 30–44%. Длительное использование органоминеральной и известково-органоминеральной систем удобрений [14] с внесением 40–50 кг д.в/га N, P и K обеспечивало повышение плодородия почвы и получение порядка 3,0 т з.е/га севооборотной площади. Существенное влияние на эти процессы оказывали сидераты и солома озимой ржи.

Таким образом, комплексное использование органоминеральных удобрений устойчиво повышало плодородие почвы и продуктивность севооборота несмотря на постоянно меняющиеся погодные условия.

Выводы

1. Известкование в первой ротации севооборота по $1N_7$ и во второй ротации по $2N_7$ снизило кислотность почвы до нейтрального уровня, подкисление которой наметилось в конце четвертой ротации севооборота [8]. Наибольшего уровня содержания P_2O_5 и K_2O достигло на унавоженных фонах в пятой ротации (453 и 190 мг/кг). В шестой ротации их содержание уменьшилось: 290 и 135 мг/кг соответственно. По гумусу также отмечено повышение до уровня исходного его содержания (2,50%) и с небольшим превышением (2,64%) в пятой ротации, а к концу шестой ротации – снижение (2,28–2,33%).

2. Органоминеральная и известково-органоминеральная системы удобрений в среднем за 6 ротаций повысили продуктивность севооборота на 18,3 и 22,0% в сравнении с системой без удобрений, обеспечив получение 3,23 и 3,31 т з.е/га с колебаниями по ротациям 2,75–3,79 и 2,79–4,00 т з.е/га.

3. Минеральные удобрения в указанных системах способствовали повышению продуктивности севооборота на 0,69–0,76 т з.е/га, или на 32,4–35,7% в среднем за весь период. Для продуктивности порядка 3,0–4,0 т з.е/га оптимальные дозы составили по 40–50 кг д.в/га N, P и K.

4. Продуктивность севооборота от пониженных доз минеральных удобрений (по 10–30 кг д.в/га N, P и K) за последние 2 ротации изменялась в пределах 2,74–2,84 с прибавками 0,63–0,73 т з.е/га, или 29,8–34,6%, что ниже, чем на повышенных дозах NPK по 40–60 кг д.в/га.

5. На фоне ИРН² (известково-органоминеральная система) в 3 трех ротациях (третья, четвертая и пятая) внесение минеральных удобрений в дозах N56P46K46, N81P80K102, N60P60K60 с добавлением микроудобрений (цинк под озимую рожь, кобальт – под картофель, медь – под яровую пшеницу, ячмень, бор и молибден – под клевер) обеспечило получение наибольшей продуктивности севооборота» [6]: 4,67; 4,25; 3,32 т з.е/га с прибавками 2,05; 1,12; 1,05 т з.е/га, или 78,2; 35,8; 46,2% соответственно ротациям.

6. Замена навоза на сидеральные удобрения (горохоовсяную смесь) возможна после длительного систематического его применения в севообороте. В последующей ротации севооборота для поддержания плодородия почвы на достигнутом уровне необходимо повторное внесение навоза.

Библиографический список

1. Агроклиматический обзор за 1991–1992 сельскохозяйственный год: Отчет и НИР (промежуточный) / Отдел наблюдений Удмуртского ЦГМ; Рук. Г.И. Вахрушева. – Завьяловский район УР, п. Первомайский. – 1992. – 40 с.

2. Баталина М.А., В.Н. Богдан. Влияние длительного применения органических, минеральных удобрений и известкования на урожай культур, продуктивность севооборота и плодородие почвы // Бюллетень ВИУА. – 1977. – № 33. – С. 37–42.

3. Башков А.С. Повышение эффективности удобрений на дерново-подзолистых почвах Среднего Предуралья: Монография. – Ижевск: ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2013. – 328 с.

4. Дзюин А.Г. Влияние систем удобрений на плодородие почвы и продуктивность севооборота при длительном их применении: Дис. ... канд. с.-х. наук. – Пермь, 2007. – 255 с.

5. Дзюин А.Г., Дзюин Г.П. Исследование плодородия почвы и продуктивности восьмипольного севооборота в многолетнем опыте // Агрехимия. – 2018. – № 2. – С. 22–33.

6. Дзюин А.Г., Дзюин Г.П. Влияние систем удобрений на изменение свойств почвы и продуктивность севооборота во времени // Динамика показателей плодородия почв и комплекс мер по их регулированию при длительном применении систем удобрений в разных почвенно-климатических условиях: Материалы Международной научной конференции / Под ред. В.Г. Сычева. – 2018. – С. 38–46.

7. Дзюин А.Г. Изменение запасов минерального азота в дерново-подзолистой суглинистой почве // Агрехимический вестник. – 2019. – № 6. – С. 30–33.

8. Дзюин А.Г. Фосфатный режим дерново-подзолистых почв Северо-Восточной зоны Нечерноземья: М. – Ижевск: Алкид, 2020. – 208 с.

9. Дзюин А.Г. Содержание элементов питания в растениях культур севооборота в длительном стационаре // Достижения науки и техники ПК. – 2020. – Т. 34, № 3. – С. 11–15.

10. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Колос, 1973. – 336 с.

11. *Иванова Р.С.* Сравнительная эффективность различных систем удобрений в севооборотах на дерново-подзолистой суглинистой почве // *Агрохимия*. – 1988. – № 11. – С. 33–36.

14. *Конов А.М., Гаврилова А.Ю.* Влияние длительного применения возрастающих доз минеральных удобрений на продуктивность севооборота // *Международный научно-исследовательский журнал*. – 2016. – № 11 (53). – Ч. 5. – С. 27–30.

15. *Кузнецова З.А., Фетисова Н.Ф.* Влияние различных систем удобрений на урожай культур полевого севооборота и плодородие дерново-подзолистой слабокультуренной почвы // *Влияние длительного применения удобрений на плодородие почвы и продуктивность севооборотов: Научные труды ВАСХНИЛ*. – М.: Колос, 1980. – С. 106–126.

16. *Милащенко Н.З.* Плодородие почв, удобрения и производство зерна // *Вестник Российской академии с.-х. наук*. – 2001. – № 2. – С. 14–18.

17. *Минеев В.Г., Хабарова А.И., Щербакова Н.И. и др.* Влияние длительного применения удобрений на плодородие почвы и продуктивность севооборотов [Текст]: Результаты многолет. опытов н. – и. учреждений / ВАСХНИЛ, ВНИИ удобрений и агропочвоведения; Редкол.: П.Г. Найдин (гл. ред.) и др. – Москва: М-во сел. хоз-ва СССР, 1960-. – 20–25 см.

18. *Никитишен В.И., Неретин Г.И., Никитишена А.И. и др.* Эффективность удобрений и баланс питательных веществ в полевых севооборотах на серой лесной почве // *Агрохимия*. – 1981. – № 3. – С. 23–33.

19. *Огородников Л.П.* Известкование кислых почв и урожайность полевых культур в зернотравяном севообороте // *Труды УралНИИСХоза*. – Свердловск, 1989. – Т. 53. – С. 79–86.

20. *Попова С.И., Зиганьшина Ф.М., Тараканова Н.Я.* Действие удобрений при длительном их применении на урожай полевых культур и агрохимические свойства дерново-подзолистой почвы // *Влияние длительного применения удобрений на плодородие почвы и продуктивность севооборотов: Научные труды ВАСХНИЛ*. – М.: Колос, 1980. – С. 140–159.

21. *Сычёв В.Г., Шафран С.А., Виноградова С.Б.* Плодородие почв России и пути его регулирования // *Агрохимия*. – 2020. – № 6. – С. 3–13.

22. *Федосеев А.П.* Погода и эффективность удобрений / [Редкол.: В.Г. Минеев (гл. ред.) и др.]. – Москва: ВИУА, 1985. – 88 с.; 21 см. – (Бюл. ВНИИ удобрений и агропочвоведения им. Д.Н. Прянишникова: // ВАСХНИЛ. N75;).

23. *Чеботарев Н.Т., Юдин А.А., Конкин П.И., Обдизов А.В.* Эффективность применения органических и минеральных удобрений в кормовом севообороте на дерново-подзолистой почве Севера // *Российская сельскохозяйственная наука*. – 2017. – № 1. – С. 29–33.

24. *Чухина О.В., Жуков Ю.П.* Плодородие дерново-подзолистой почвы и продуктивность культур в севообороте при применении различных доз удобрений // *Агрохимия*. – 2013. – № 11. – С. 10–18.

CROP ROTATION PRODUCTIVITY DEPENDING ON FERTILISER SYSTEMS IN A LONG-TERM EXPERIMENT

A.G. DZYUIN

(Udmurt Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences)

The problem of increasing soil fertility is one of the main tasks of agriculture in the Udmurt Republic and the Non-Chernozem region. The most acceptable way of solving this problem is biol-ogisation, which provides for a decrease in the amount of chemicals and an increase in the amount

of biological agents. If there is a lack of fertiliser, the use of green manure or straw alone will not solve the problem. On acidic soils, a complex action on the soil is needed, starting with liming and the use of optimal doses of mineral fertiliser, which help to increase land productivity and crop rotation in a short period of time.

Since 1971, the Udmurt Research Institute of Agriculture has been studying different fertilizer systems in 8-field crop rotations (1 – fallow; 2 – winter rye; 3 – potato, corn; 4 – spring wheat; 5 – clover; 6 – clover; 7 – winter rye; 8 – barley). Factor A are backgrounds: 0 – “zero” [10]; P – lime per one hydrolytic acidity (4.9 t/ha CaCO₃) in the first rotation + two hydrolytic acidities (7.5 t/ha) in the second rotation; H³C – manure 40 (first rotation) + 60 t/ha (2d-5th rotations) + green manure (6th rotation); L²M³GM – lime + manure + green manure similarly. Factor B are options. Options without fertiliser and NPK are considered. Lime reduced soil acidity to a neutral level, slightly increased in the 4th rotation. The content of P₂O₅, K₂O, and humus reached the highest level in the 5th rotation on manured backgrounds, resulting in 3.23 and 3.31 tce/ha in six rotations (18.3 and 22.0% more than without fertiliser). In lime and manure systems, mineral fertiliser increased crop rotation productivity by 32.4–35.7% on average over the entire period. Optimal doses for 3.0–4.0 t grain units/ha were 40–50 kg NPK/ha. Reducing the doses from 40–60 to 10–30 kg/ha of NPK in the last two rotations led to a decrease in crop rotation productivity (2.74–2.84) by 0.41–0.49 t grain units /ha. The lime-organomineral fertiliser system in the 3d, 4th and 5th rotations with “the addition of micronutrient fertiliser (zinc for winter rye, cobalt for potatoes, copper for spring wheat and barley, boron and molybdenum for clover)” [9] provided the highest crop rotation productivity – 4.67; 4.25; 3.32 t grain units/ha, with the highest increases – 2.05; 1.12; 1.05 t grain units/ha or 78.2; 35.8; 46.2%, respectively, in rotations. Manure can only be replaced periodically with a pea-oat mixture.

Key words: crop rotation, lime, manure, mineral fertiliser, green manure fertiliser, productivity, “soil fertility” [17].

References

1. Agroclimatic review for 1991–1992 agricultural year: Report and research (interim). Observation Department of Udmurt State Hydrometeorological Service; Head – G.I. Vakhrusheva. v. Pervomayskiy Zavyalovskogo rayona UR, 1992: 40. (In Rus.)
2. Batalina M.A., Bogdan B.H. Effect of long-term application of organic, mineral fertilizers and liming on crop yields, crop rotation productivity and soil fertility. Byulleten' VIUA. Moscow. 1977; 33: 37–42. (In Rus.)
3. Bashkov A.C. Improving the efficiency of fertilizers on soddy-podzolic soils of the Middle Urals: a monograph. Izhevsk: FGBOU VPO Izhevskaya GSKhA, 2013: 328. (In Rus.)
4. Dzyuin A.G. Effect of fertilizer systems on soil fertility and crop rotation productivity under their long-term application: CSc (Ag) thesis. Perm, 2007: 255. (In Rus.)
5. Dzyuin A.G., Dzyuin G.P. Study of soil fertility and productivity of an eight-row crop rotation in a multi-year experiment. Agrokimiya. 2018; 2: 22–33. (In Rus.)
6. Dzyuin A.G., Dzyuin G.P. Effect of fertiliser systems on changes in soil properties and crop rotation productivity over time. Dinamika pokazateley plodorodiya pochv i complex mer po ih regulirovaniyu pri dlitelnom primenenii system udobreniy v raznyh pochvenno-klimaticheskikh usloviyah. 2018: 38–46. (In Rus.)
7. Dzyuin A.G. Changes in mineral nitrogen stocks in a sod-podzolic loamy soil. Agrokhimicheskij vestnik. 2019; 6: 30–33. (In Rus.)
8. Dzyuin A.G. Phosphate regime of sod-podzol soils in the north-eastern zone of the Non-Chernozem zone. Izhevsk: Alkid, 2020: 208. (In Rus.)
9. Dzyuin A.G. Nutrient content of rotation crops in a long-term stationary crop rotation. Dostizheniya nauki i tekhniki PK. 2020; 34; 3: 11–15. (In Rus.)

10. *Dospekhov B.A.* Methodology for the field experiment. M.: Kolos, 1973: 336. (In Rus.)
11. *Ivanova R.S.* Comparative efficiency of various fertilizer systems in crop rotations on soddy-podzolic loamy soil. *Agrokhimiya*. 1988; 11: 33–36. (In Rus.)
14. *Konova A.M., Gavrilova A.Yu.* Effect of long-term use of increasing doses of mineral fertilizers on crop rotation productivity. *Mezhdunarodniy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal*. 2016; 11 (53); 5: 27–30. (In Rus.)
15. *Kuznetsova Z.A., Fetisova N.F.* Effect of various fertilizer systems on the crop yield of the field crop rotation and the fertility of soddy-podzolic poorly cultivated soil. *Vliyanie dlitel'nogo primeneniya udobreniy na plodorodie pochvy i produktivnost' sevooborotov: nauch. tr. VASHNIL*. M.: izd-vo Kolos, 1980: 106–126. (In Rus.)
16. *Milaschenko N.Z.* Soil fertility, fertilisers and grain production. *Vestnik Rossiyskoy akademii s. – h. nauk*. 2001; 2: 14–18. (In Rus.)
17. *Mineev V.G., Khabarova A.I., Scherbakova N.I. et al.* Effect of long-term fertilizer application on soil fertility and crop rotation productivity. M.: izd-vo “Kolos”, 1980: 3–39. (In Rus.)
18. *Nikitishen V.I., Neretin G.I., Nikitishena A.I. et al.* Fertilizer efficiency and nutrient balance in field rotations on grey forest soils. *Agrokhimiya*. 1981; 3: 23–33. (In Rus.)
19. *Ogorodnikov L.P.* Lime treatment of acidic soils and yields of field crops in a cereal-grass rotation. *Tr. UralNIISKhoza. Sverdlovsk*, 1989; 53; 79–86. (In Rus.)
20. *Popova S.I., Ziganschina F.M., Tarakanova N.Ya.* Effect of long-term fertilizer application on crop yields and agrochemical properties of sod-podzol soils. *Vliyanie dlitel'nogo primeneniya udobreniy na plodorodie pochvy i produktivnost' sevooborotov: nauch. tr. VASHNIL*. M.: izd-vo Kolos, 1980: 140–159. (In Rus.)
21. *Sichev V.G., Shafran S.A., Vinogradova S.B.* Soil fertility in Russia and ways of its regulation. *Agrokhimiya*. 2020; 6: 3–13. (In Rus.)
22. *Fedoseeva A.P.* Weather and fertiliser efficiency. L.: izd-vo Gidrometeoizdat, 1985: 144. (In Rus.)
23. *Chebotarev N.T., Yudin A.A., Konkin P.I., Obdizov A.V.* Effectiveness of organic and mineral fertilizers in forage crop rotation on sod-podzol soils of the North. *Rossiiskaya selskokhozyaystvennaya nauka*. 2017; 1: 29–33. (In Rus.)
24. *Chukhina O.V., Zhukov Yu.P.* Fertility of soddy-podzolic soil and crop productivity in a crop rotation with applying of different doses of fertiliser. *Agrokhimiya*. 2013; 11: 10–18. (In Rus.)

Дзюин Александр Герценович, ведущий научный сотрудник, канд. с.-х. наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Удмуртский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал Удмуртского Федерального научного центра Уральского отделения Российской академии наук («Удмуртский НИИСХ» – филиал УдмФИЦ УрО РАН); 426067, Удмуртская Республика, г. Ижевск, ул. Т. Барамзиной, 34; Подразделение: Удмуртский Научно-исследовательский институт сельского хозяйства; тел/факс: (3412) 62–96–98; e-mail: ugniish-nauka@yandex.ru

Aleksandr G. Dzyuin, CSc (Ag), Leading Research Associate, Udmurt Research Institute of Agriculture, Udmurt Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (34, Baramzina Str., Izhevsk, Udmurt Republic, 426067, Russian Federation; phone: (3412) 62–96–98; E-mail: ugniish-nauka@yandex.ru)

ЭСПАРЦЕТ (*ONOBRYCHIS ADANS.*): ВЫГОДНАЯ КУЛЬТУРА В ОРГАНИЧЕСКОМ ЛУГОПАСТБИЩНОМ ХОЗЯЙСТВЕ (ОБЗОР)

Н.Н. ЛАЗАРЕВ, А.В. ШИТИКОВА, Е.М. КУРЕНКОВА, О.В. КУХАРЕНКОВА,
С.А. ДИКАРЕВА, А.А. КЛИМОВ, С.Н. ШЕВЕЛЕВА

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

*Многолетние бобовые травы являются наиболее выгодными культурами в системе органического лугопастбищного хозяйства. К таким культурам относится эспарцет, который должен занять достойное место на кормовых угодьях, особенно в современных условиях повышения засушливости климата. В России выращивают три его вида: эспарцет песчаный, виколистный и закавказский. Возделывание эспарцета имеет большое экологическое значение, обусловленное его особыми экологическими свойствами и химическим составом. Он имеет глубокую и сильно разветвленную корневую систему, способную усваивать элементы питания из глубоких слоев почвы. Корневая система эспарцета усваивает минеральные вещества из труднодоступных соединений почвы, поэтому он мало отзывчив на внесение удобрений и может успешно использоваться в системе органического лугопастбищного хозяйства. В отличие от других бобовых трав, за исключением люцерны, эспарцет не вызывает заболевания жвачных животных вздутием рубца. Это обусловлено наличием в растении конденсированных танинов (КТ) в количестве 30–80 г в 1 кг сухого вещества. КТ увеличивают количество нерасщепляемого протеина в рубце, что предотвращает вздутие рубца жвачных животных, сокращает выбросы метана и соединений азота с мочой, и это в свою очередь снижает воздействие парниковых газов на тепловой баланс земли. КТ проявляют антипаразитарную активность против гельминтов *in vivo* у овец и коз, способствуют улучшению использования питательных веществ кормов и, следовательно, повышают продуктивность животных. Эспарцет фиксирует атмосферный азот в количестве до 150 кг/га и не требует внесения азотных удобрений, которые могут загрязнять грунтовые воды и атмосферный воздух. Обогащая почву азотом и другими элементами питания за счет их биологического накопления в верхнем слое почвы, он способствует повышению плодородия почвы. Эспарцет обеспечивает урожаи от 4 до 7 т/га сухой массы при продуктивном долголетии травостоев в течение 4–7 лет, что позволяет снижать затраты на повторное перезалужение.*

Ключевые слова: эспарцет, урожайность, конденсированные танины, вздутие рубца, органическое лугопастбищное хозяйство

Введение

Системы органического земледелия полагаются на биоудобрения, навоз, севооборот, механические обработки для поддержания плодородия почвы, повышения биоразнообразия и борьбы с вредителями [61]. В системах органического лугопастбищного хозяйства этим требованиям в наибольшей степени соответствуют многолетние бобовые травы. Они не требуют внесения азотных удобрений, способствуют повышению плодородия почв, характеризуются длительным долголетием и выращиваются, как правило, в многокомпонентных травосмесях без применения пестицидов [2, 13].

Проблемы производства органической продукции могут усложниться в связи с повышением засушливости климата. Прогнозируется, что изменение климата приведет к увеличению частоты и интенсивности засухи во многих регионах мира [71].

В связи с этим настоящей необходимостью является более широкое использование в травосеянии засухоустойчивых культур. Одними из таких растений являются различные виды эспарцета.

Род эспарцет (*Onobrychis* Adans.) включает в себя большое количество видов, встречающихся в различных регионах Евразии [37, 87], но в культуре возделываются только три вида: эспарцет виколистный (посевной) (*Onobrychis viciifolia* Scop.), эспарцет песчаный (*O. arenaria* (Kit.) DC) и эспарцет закавказский (*O. transcaucasica* Grossh.) [17].

В издании «Флора СССР» А.А. Гроссгеймом выделено свыше 50 видов эспарцета [7]. В России на природных кормовых угодьях наиболее часто встречается эспарцет песчаный. Это весьма полиморфный вид, который в разных частях ареала рассматривался как 4 разных вида (*O. arenaria*, *O. tanaïtica*, *O. sibirica* Turcz. ex Besser и *O. ferganica* Širj. Grossh.), которые сейчас считаются синонимами типового подвида *O. arenaria* subsp. *arenaria* [84].

Эспарцет виколистный выращивается в широком диапазоне климатических условий в Европе, Азии, Северной Америке, Австралии на нейтральных и щелочных почвах с pH 6 или выше, в засушливых и орошаемых районах. В Великобритании он всегда был связан с известково-меловой или известняковой почвой [33]. Эспарцет виколистный – самый распространенный вид. Он имеет долгую историю традиционной культуры во всем мире, но ее использование в западных странах сократилось за последние десятилетия. У него низкая продуктивность, и уход за ним сложнее, чем за другими бобовыми культурами, но известно, что эспарцет обладает ценными характеристиками – такими, как вкусовые качества и засухоустойчивость [30, 64].

Биологические особенности. В России в настоящее время наиболее окультуренными являются такие виды эспарцета, как виколистный, песчаный и закавказский, которые используются в виде местных сортов, улучшенных отбором селекционных и межвидовых гибридов [17]. Эспарцет виколистный по типу развития является озимым растением. В год посева он не формирует генеративных побегов, а в последующие годы цветет только в первом укосе. У яровых форм (песчаного и закавказского) удлиненные побеги образуются уже в год посева, и они превосходят по отавности эспарцет виколистный [17]. Отрастание растений всех видов весной начинается раньше, чем у люцерны (*Medicago sativa* L.). Период от начала отрастания до начала цветения составляет 60–65 дней [24], а до полной спелости – 89–116 дней в зависимости от погоды [10].

В посевах эспарцет зацветает на 1–2 недели раньше синегибридной и желтой люцерны, в Центрально-Черноземной зоне – в конце мая, в первых числах – середине июня. Поэтому при наличии в почве запасов зимней влаги в годы с засухой в начале лета эспарцет песчаный по урожаям сена нередко превосходит люцерну. В отличие от люцерны посевы данной культуры в степной части Воронежской области не поражаются микоплазмозом [10, 20].

Эспарцет имеет стержневую корневую систему с небольшим количеством главных ветвей, и у него вдвое больше мелких боковых корней, чем у люцерны [27]. Стержневой корень эспарцета проникает в почву на глубину более 1 м, чем обеспечивается его хорошая засухоустойчивость [18, 24, 69]. Надсемядольная осевая часть растения разрастается в зону побегообразования – корневую коронку, которая обладает способностью углубляться в почву. Это свойство наиболее выражено у эспарцета песчаного, глубина залегания коронки которого достигает 4,5 см. Углубление коронки в почву способствует повышению зимостойкости эспарцета. После отчуждения надземной массы эспарцет отрастает из почек корневой коронки и из пазушных почек, расположенных на основаниях скошенных побегов, поэтому низкая высота

скашивания может отрицательно сказаться на отавности и долголетию растения [17]. Эспарцет не выносит постоянной пастьбы и частого скашивания [14].

Эспарцет сохраняется в травостоях до 5–8 лет [22, 23]. По мнению А. Ozbilgin и В. Coskun, экономически выгодно использовать эспарцет 5–6 лет [69]. В исследованиях в Саскачеване (Канада) эспарцет в травосмесях сохранялся лучше при посеве с чередованием рядов, но недостаточно долго (3 или 4 года). Наблюдения показали, что в более влажных условиях интенсивный выпас снижал сильную конкуренцию злакового компонента и это, по-видимому, позволяло эспарцету быть более устойчивым [46].

На третий год эспарцет лучше сохранялся в смесях с райграсом пастбищным (*Lolium perenne* L.) (38%), чем с ежой сборной (*Dactylis glomerata* L.) (17%) [55].

Эспарцет плохо выносит затенение. Урожай зависит не только от уровня затенения, но и от его продолжительности [24]. Он обычно считается неагрессивной культурой с медленным отрастанием после скашивания, поэтому необходимо свести к минимуму конкуренцию сорняков при посеве. При создании новых травостоев засоренность эспарцета была меньше при посеве под покров гороха (*Pisum sativum* L.). Бобово-злаковые травосмеси были меньше засорены по сравнению с одновидовыми посевами эспарцета и люцерны, за исключением бинарных смесей бобовых трав с ежой сборной [56].

Эспарцет – аутбредный вид, опыляемый насекомыми. Он является богатым источником пыльцы и нектара для многих видов насекомых-опылителей, но наиболее важные из них – медоносные пчелы, шмели, и в меньшей степени – осмии [31, 80]. Эспарцетовый мед относится к лучшим сортам меда [1].

Эспарцет виколостный может подвергаться перекрестной инокуляции – в частности, с ризобиями, выделенными из арктических бобовых (виды *Astragalus* и *Oxytropis*). Исследования по изучению влияния низких температур на нитрогеназную активность арктических ризобий показали, что она была выше, чем у ризобий умеренного климата [72]. По данным J.A. Oliveira с соавт., при инокуляции урожайность и содержание сырого протеина в эспарцете возрастали [68].

Поступление азота за счет симбиотической азотфиксации не всегда обеспечивает получение хороших урожаев, особенно во втором укосе [65]. Относительная скорость роста всего растения и скорость накопления азота были существенно ниже у растений, зависящих от фиксации N_2 , по сравнению с растениями, обеспеченными 210 мг/л нитрата азота. Способ питания азотом влиял на распределение сухого вещества с пропорционально большим развитием корневой массы у растений, зависящих от симбиотической фиксации N_2 [41].

По данным А. Проворова и И. Тихоновича, у астрагала и эспарцета показатели биологической азотфиксации составляли 130 и 160 кг N на 1 га в год, что находится в пределах диапазона других кормовых бобовых, но ниже уровня люцерны [73].

В опыте с N_{15} процент азота, полученного из атмосферы, изменялся в следующем порядке: люцерна (92%) > астрагал нутовый (*Astragalus cicer* L.) (87%) > эспарцет (81%), а предполагаемая фиксация азота могла составить соответственно 200, 128 и 65 кг N на 1 га в год [43].

Эспарцет является хорошим предшественником для других культур в севооборотах, накапливая в почве 6–10 т/га сухой массы корней [9, 11] и 100–150 кг/га биологического азота [5, 9]. При использовании эспарцета в качестве сидеральной культуры количество органических веществ, поступающих в почву, составляет 8–12 т/га [8].

Экологические особенности. Многолетние пастбищные растения с глубокими корнями могут сыграть важную роль в решении экологических проблем, связанных с повышением уровня грунтовых вод, засолением засушливых земель и подкислением почвы. Существуют значительные возможности для расширения использования

люцерны, однако имеется также потребность в альтернативных многолетних видах для увеличения биоразнообразия и заполнения ниш, где люцерна является менее подходящей культурой [32].

Эспарцет является менее требовательным к почве, чем люцерна, а по устойчивости и урожайности сена превосходит ее на песчаных, щебнистых и смытых почвах склонов. Лучше других бобовых он растет на склонах с близким залеганием от поверхности мела и известняков [20, 21]. Эспарцет особенно перспективен для щелочных и склонных к засухе почв, которые покрывают большую часть центральной и южной Европы [10, 78, 79], неспособен расти на кислых и переувлажненных местообитаниях [14, 15, 24].

Эспарцет песчаный за счет корневых выделений способен усваивать из глубоких горизонтов почвы труднодоступные для других культур кальциевые и фосфорные соединения и обогащать ими верхний горизонт почвы, то есть может выступать в роли биологического мелиоранта [5, 17, 25]. На бедных почвах потребление фосфора из почвы улучшается за счет симбиоза эспарцета с микоризообразующими грибами [48].

Оптимальная температура для формирования кормовой массы эспарцета составляет 18–20°C. При возвратных заморозках его листья могут выдерживать температуру до –12°C [24].

Урожайность. В условиях Пермского края в зависимости от элементов технологии эспарцет формирует от 4 до 7 т/га сухого вещества, в котором содержится от 12 до 17% сырого протеина. При внесении извести в дозах, рассчитанных по гидролитической кислотности от 0 до 2,0 (с интервалом 0,5 Нг), урожайность возрастала с 4,83 до 5,92 т/га сухого вещества. Наибольшее содержание сырого протеина обеспечил сорт СибНИИК 30 (17,7%), остальные сорта ниже на 1,88–3,19% [5].

В условиях южной степи Украины урожайность эспарцета песчаного 1–2 годов пользования составляла 5,22–6,76 т/га сухого вещества. При инокуляции семян ризобифитом сбор корма возрастал на 0,25–0,92 т/га [6]. Эспарцет имеет слабую отавность и по этому показателю уступает люцерне [13]. При отрастании на 48 день после скашивания эспарцет уступал люцерне по накоплению сухой массы, индексу листовой поверхности, скорости роста в высоту [76]. При орошении эспарцет песчаный превзошел по урожайности люцерну в первом укосе на 10–18%, однако в целом за вегетационный период его урожай был в 1,6–1,7 раза меньше [3]. Обычно эспарцет дает примерно на 5–20% меньше сухого вещества, чем люцерна [28, 45].

Для изучения изменчивости и взаимосвязи между морфологическими и качественными признаками были оценены в течение трех лет 12 популяций эспарцета. Результаты комбинированного анализа показали, что по годам были значительные различия по всем признакам, кроме густоты растений. На основании этих результатов были получены средние значения урожайности: 6,47 и 10,31 т/га сухого вещества (СВ) в первый и второй годы соответственно [63]. В условиях Ирана при сравнении 38 генотипов 5 из них имели высокий стабильный выход сухого вещества (от 7,18 до 7,85 т/га) и широкую общую адаптивность. Другие испытанные сорта характеризовались нестабильной урожайностью и узкой адаптивностью [74].

Наиболее часто бобовые травы высеваются в смеси со злаками. В среднем за 3 года урожайность монокультуры эспарцета составила 7,53 т/га СВ, а урожайность эспарцето-злаковой смеси – 8,33 т/га. Как эспарцет, так и эспарцето-злаковые смеси, имели более высокие урожаи сухого вещества, чем злаковые монокультуры. От смеси эспарцета и овсяницы луговой (*Festuca pratensis* L.) был получен самый высокий среднегодовой урожай (9,07 т/га СВ). В смесях с райграсом пастбищным сохранялась более высокая доля эспарцета, чем с овсяницей луговой [51]. С.С. Malisch с соавт. также выявили преимущества по урожайности травосмесей по сравнению

с одновидовыми посевами эспарцета. Урожайность смеси превысила среднюю урожайность монокультуры на 31%, снизила долю несеяных видов на 65% и увеличила симбиотическую фиксацию азота до 158 кг/га [54].

При исследованиях в Турции смеси эспарцета со злаками давали до 8,36 т/га сухого вещества, что выше, чем люцерно-злаковые травосмеси, которые имели более высокие уровни сырого протеина и более низкие значения содержания кислотнo-детергентной клетчатки (КДК) и (нейтрально-детергентной клетчатки (НДК) [26].

72 генотипа эспарцета виколистного изучали в условиях орошения в Альбурзе (Иран) в течение 2009–2010 гг. Устойчивость к болезням имела отрицательную достоверную связь с позднеспелостью, высотой растений, густотой стебля и выходом корма [62].

По мере перехода стадии роста от вегетативной к цветению урожайность сухого вещества увеличивалась с 0,5 до более 8 т/га. Отношение листьев к стеблям уменьшилось с 8 до 0,3; содержание сырого протеина – с 280 до 130 г/кг; НДК – с 230 до 502 г/кг сухого вещества [29].

Сроки посева оказывают большое влияние на формирование урожая как в год закладки травостоев, так и в последующие годы. В Великобритании выявлено, что при посеве в апреле и мае урожайность эспарцета в первый год жизни составила соответственно 2,8 и 3,3 т/га СВ, что выше, чем от посевов в июне и июле. Посевы с апреля по июль давали на второй и третий годы жизни по 10,9–12,5 и 9,5–11,5 т/га СВ соответственно. Урожайность травостоев, заложенных в августе и сентябре, составила только 5 т/га СВ [50].

Относительно высокая стоимость семян по сравнению с другими кормовыми бобовыми травами является одним из препятствий для широкого использования эспарцета в производстве [77].

При исследованиях в Иране средняя урожайность семян эспарцета варьировалась от 678 до 737 кг/га. Ее величина положительно коррелировала с урожаем сухого вещества и соломы, а отрицательно – с датой цветения [39]. Обычно выход семян эспарцета с 1 га составляет 500–900 кг, некоторые же сорта в Канаде давали до 1100 кг/га [34].

В Центрально-Черноземной зоне России согласно статистическим данным средняя урожайность семян эспарцета составляет от 300 до 430 кг/га, что не соответствует потенциалу этой культуры. По сравнению с другими многолетними бобовыми травами, в первую очередь с люцерной, клевером, лядвенцем, семеноводство эспарцета является значительно более технологичным и может быть легко организовано в хозяйствах разной специализации, в том числе для внутреннего потребления [16].

Химический состав. Эспарцет не уступает люцерне по питательности и химическому составу [12]. При уборке в ранние фазы вегетации получаемые корма характеризуются высокой питательностью. В то же время, по данным О.В. Рябининой, содержание в сухом веществе сырых питательных веществ (золы, протеина, жира, клетчатки) в период цветения и в начале плодообразования существенно не различалось. Данные показатели составляли в фазе цветения 8,8; 18,4; 3,1; 27,8%, в фазе начала плодообразования – 9,0; 14,6; 3,6; 30,1% соответственно. Сдвинув сроки скашивания эспарцета на конец фазы цветения, можно получать корм хорошего качества [19]. При этом пчелы смогут максимально использовать свой потенциал для сбора пыльцы и нектара на длительно цветущих травостоях [20].

Эспарцет имеет высокую энергетическую питательность. По данным В.А. Волошина, в первом укосе в эспарцете содержалось 9,1–10,1 МДж обменной энергии, во втором – 10,2–11,2 МДж в 1 кг СВ [4].

Эспарцет в меньшей степени, чем другие травы, реагирует на внесение минеральных удобрений. Тем не менее в исследованиях, выполненных в Турции,

увеличение дозы фосфора с 30 до 90 кг/га д.в. способствовало повышению урожайности с 4,9 до 7,61 т/га сухого вещества. Получаемый корм характеризовался высокой концентрацией сырого протеина (18,56–19,79% от СВ) и кальция (1,59–1,99%), а содержание КДК и НДК варьировалось в пределах 28,30–32,18% и 37,35–42,48% от СВ соответственно. Содержание N, P, K, Mg снижалось по мере роста, тогда как сбор сухого вещества, содержание Ca, КДК и НДК увеличивались [63].

Конденсированные танины и усвоение протеина. При поедании зеленой массы люцерны и клевера на пастбищах у жвачных животных возможно возникновение тимпании (вздутие рубца). Этому заболеванию больше подвержен крупный рогатый скот. Вздутие рубца считается результатом быстрого накопления высоких уровней растворимого протеина в рубце и нарушением отрыжки газов, образующихся в результате ферментации. Это может происходить либо в виде пенистой тимпании, когда газы задерживаются в устойчивой пене, которая предотвращает отрыжку, либо в виде вздутия свободным газом, когда газ отделяется от содержимого рубца, но отрыжка не возникает [53]. В эспарцете содержится от 30 до 80 г на 1 кг сухого вещества конденсированных танинов (КТ), которые представляют собой вторичные растительные полифенольные соединения. КТ содержит также лядвенец рогатый (*Lotus corniculatus* L.), но в меньшем количестве – 10–40 г в 1 кг сухого вещества [52].

КТ уменьшают расщепление протеина и смещают место переваривания протеина из рубца в кишечник, что предотвращает заболевание животных тимпанией. L.R. McMahon с соавт. установили, что замена люцерны на повышенный уровень эспарцета в рационе крупного рогатого скота (10% против 20%) снижает деградацию рубцового белка и приводит к снижению заболеваемости тимпанией на 26 и 82% соответственно [58].

КТ также способствуют сокращению выбросов метана в атмосферу и азота с мочой. В тонком кишечнике при более высоком рН нерасщепленный (обходной) протеин успешно переваривается. При увеличении доли нерасщепляемого белка в рубце снижается образование аммиака, который выводится в виде мочевины с мочой. При переваривании протеина в тонком кишечнике большая часть азота выводится с фекалиями в виде неаммиачного азота [44, 60, 67, 85, 86]. Снижение выделения азота с мочой по причине уменьшения протеолиза в рубце и повышение содержания азота в фекалиях могут иметь благоприятное воздействие на окружающую среду. При внесении фекалий в виде навоза в почву для удобрения сельскохозяйственных культур уменьшаются потери азота от выщелачивания и улетучивания в атмосферу по сравнению с подвижным и летучим азотом, содержащимся в моче [67].

КТ обладают биологической активностью как в зеленых, так и в консервированных кормах из эспарцета (сено, силос, травяные гранулы). Лучшим периодом для заготовки сена из эспарцета является фаза полного цветения, когда корм сочетает в себе высокую усвояемость органического вещества, низкое образование CH_4 и более эффективное микробное брожение [36, 59].

Метан – второй по значимости парниковый газ, оказывающий влияние на потепление климата, поэтому важной задачей является поиск путей снижения выбросов метана в атмосферу. Следует отметить, что роль КТ в сокращении производства метана значительно меньше, чем выбросов аммиака. В одном из исследований снижение выбросов NH_3 составляло 42%, метана – только 14% [82], а в других опытах не обнаружено влияние эспарцета на производство метана [85]. Это обусловлено тем, что дубильные вещества в травах имеют значительные количественные и качественные различия: их содержание варьировалось в 5 раз, средний размер полимера – в 7 раз, продельфинидины составляли от 53 до 95%, а транс-флаванолы – от 12 до 34% [66]. Необходимо также учитывать, что стандартный спектрофотометрический анализ

определения конденсированных танинов в растительном материале может давать заниженные результаты. Использование ацетона в стандартном методе определения позволило значительно увеличить экстракцию конденсированных танинов [35].

КТ содержатся преимущественно в листьях. По мере прохождения фаз вегетации доля листьев в урожае снижается, что сопровождается уменьшением концентрации КТ в эспарцете [81].

Качество продукции животноводства. Устойчивое животноводство, основанное на использовании танинсодержащих трав, позволяет повысить продуктивность жвачных животных [52]. КТ придают кормам терпкий вкус, тем не менее животные нередко лучше поедают эспарцет, чем другие травы [57, 75, 77]. В эксперименте продолжительностью 7 недель включение в рационы молочных коз гранул из эспарцета в количестве 25% от рациона не оказало отрицательного влияния на молочную продуктивность, состав молока и эффективность кормового белка по сравнению с использованием гранул из люцерны в условиях пастбищного содержания животных [49].

В опыте с молочными коровами включение силоса из эспарцета в рационы снижало образование CH_4 на 1 кг потребляемого сухого вещества. Кроме того, силос из эспарцета улучшал выработку молока и, по-видимому, перенаправлял метаболизм в сторону прироста белка за счет жировых отложений [42].

Установлено, что КТ могут улучшить полезные свойства молока, хотя КТ эспарцета были менее полезными, чем экстракты КТ из других растений, в увеличении концентрации полиненасыщенных жирных кислот в молоке [47].

Антигельминтное действие конденсированных танинов. Конденсированные танины с более высоким процентным содержанием продельфинидинов, содержащихся в эспарцете, показали антигельминтное действие *in vivo* у овец и коз [67], при этом количество фекальных яиц гельминтов снижалось при использовании как силоса, так и сена из эспарцета [38, 70]. Считается, что конденсированные танины действуют или непосредственно против паразитов ввиду их способности образовывать прочные комплексы с богатыми пролином белками, которые присутствуют на поверхности нематод, или косвенным эффектом благодаря более отзывчивой иммунной системы хозяина в результате улучшения использования протеина [40, 67].

Эспарцет является наиболее перспективным среди испытанных видов дубильных кормовых растений благодаря своей пригодности для возделывания, высокому содержанию танина, высоким вкусовым качествам и антипаразитарной активности даже в высушенном или силосованном видах [38]. Его можно классифицировать как «сиротскую культуру» с весьма небольшими генетическими улучшениями или агрономическими исследованиями за последние 60 лет. Однако в последние 5–10 лет интерес к данной культуре возродился, и это привело к расширению научных исследований, к началу ее систематического улучшения, что необходимо для ее реинтродукции в сельскохозяйственное производство [64].

Выводы

Эспарцет является ценным кормовым растением, которое должно найти более широкое использование в травосеянии. Он характеризуется высокой засухоустойчивостью и зимостойкостью, может эффективно усваивать почвенные соединения фосфора. Другой его особенностью является способность накапливать конденсированные танины в количестве от 30 до 80 г на 1 кг сухого вещества, которые снижают риск заболевания тимпанией, способствуют лучшему усвоению жвачными животными протеина, что в свою очередь уменьшает поступление в атмосферу парниковых газов – метана и аммиака. Благодаря симбиозу с азотфиксирующими клубеньковыми

бактериями эспарцет увеличивает запасы азота и органического вещества в почве и дает корма, богатые протеином, без дополнительного внесения азотных удобрений. Эти биологические и экологические особенности эспарцета позволяют рекомендовать данную культуру для использования в органическом лугопастбищном хозяйстве.

Библиографический список

1. Бирюля Н.М., Богомолов К.В. Медоносные, лекарственные, декоративные растения естественной флоры Сибири, Урала и европейской части России: Справочное издание: в 2 т. – Рязань: Рязанская областная типография; Новосибирск, 2017. – Т. 1. – 351 с.
2. Благовещенский Г.В., Конончук В.В., Соболев С.В. Современное кормопроизводство в европейском сельском хозяйстве // Известия ТСХА. – 2019. – № 3. – С. 33–47.
3. Василенко Р.Н., Яворский С.В. Формирование многолетних агроценозов на малопродуктивных землях Украины // Кормопроизводство. – 2015. – № 3. – С. 16–20.
4. Волошин В.А. Предварительные итоги изучения эспарцета песчаного в Пермском крае // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2015. – № 1. – С. 49–54.
5. Волошин В.А., Майсак Г.П., Терентьева Л.С. Эспарцет песчаный и его агроэкологическая роль в земледелии // Кормопроизводство. – 2021. – № 5. – С. 21–25.
6. Голобородько С.П., Гальченко Н.Н. Эспарцет песчаный в южной степи Украины // Кормопроизводство. – 2012. – № 10. – С. 32–33.
7. Гроссгейм А.А. Эспарцет – *Onobrychis Adans.* // Флора СССР. – Т. 13. – М. – Л.: Изд-во Академии наук СССР, 1948. – С. 319–325.
8. Дедов А.В., Несмеянова М.А., Хрюкин Н.Н. Приемы биологизации и воспроизводство плодородия черноземов // Земледелие. – 2012. – № 6. – С. 4–5.
9. Завалин А.А., Соколов О.А., Шмырева Н.Я. Экология азотфиксации. – М.: РАН, 2019. – 252 с.
10. Золотарев В.Н., Иванов И.С., Сапрыкин С.В., Чекмарёва А.В. Биологические особенности и технология возделывания эспарцета песчаного на семена в степной зоне Центрально-Черноземного региона в условиях аридизации климата // Кормопроизводство. – 2019. – № 8. – С. 19–27.
11. Игнатьев С.А., Грязева Т.В., Чесноков И.М. Сорты эспарцета для выращивания в засушливых условиях // Зерновое хозяйство России. – 2000. – № 9. – С. 9–12.
12. Кашеваров Н.И., Полюдина Р.И., Рожанская О.А., Железнов А.В. Селекция эспарцета (*Onobrychis Mill.*) для кормопроизводства Сибири // Кормопроизводство. – 2013. – № 9. – С. 22–24.
13. Лазарев Н.Н., Прудников А.Д., Куренкова Е.М., Стародубцева А.М. Многолетние бобовые травы в Нечерноземье: М. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2017. – 263 с.
14. Лазарев Н.Н., Михалев С.С. Луговое и полевое кормопроизводство: М. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2020. – 269 с.
15. Нагибин А.Е., Тормозин М.А., Зырянцева А.А. Травы в системе кормопроизводства Урала: Монография. – Екатеринбург: Изд-во ИПП Уральский рабочий, 2018. – 783 с.
16. Научные основы селекции и семеноводства многолетних трав в Центрально-Черноземном регионе России: Научное издание / С.В. Сапрыкин, В.Н. Золотарев, И.С. Иванов, Г.В. Степанова и др. – Воронеж: ОАО «Воронежская областная типография», 2020. – 496 с.
17. Новоселова А.С. Эспарцет (*Onobrychis Adans.*) // Основные виды и сорта кормовых культур. – М.: Наука, 2015. – С. 98–104.
18. Панков Д.М. Эффективность возделывания эспарцета песчаного в условиях лесостепи Алтая // Кормопроизводство. – 2012. – № 10. – С. 34–36.

19. *Рябинина О.В.* Эспарцет песчаный – резерв кормовой базы Иркутской области // *Аграрная наука.* – 2002. – № 2 – С. 10–11.
20. *Сапрыкин С.В., Золотарев В.Н., Иванов И.С., Степанова Г.В. и др.* Научные основы селекции и семеноводства многолетних трав в Центрально-Черноземном регионе России. Научное издание. – Воронеж: ОАО «Воронежская областная типография», 2020. – 496 с.
21. *Сафин Х.М., Зотов А.А.* Сенокосы и пастбища Урала: М. – Уфа: Гилем, 2009. – 359 с.
22. *Слободяник Т.М., Слободяник Н.С., Чепелев Г.П.* Эспарцет песчаный – перспективная культура для кормопроизводства Амурской области // *Инновационные процессы и технологии в современном сельском хозяйстве: Материалы Международной научно-практической конференции.* – Благовещенск: Дальневосточный государственный аграрный университет, 2014. – Ч. 1. – С. 129–134.
23. *Шабанова Г.А., Изверская Т.Д., Гендов В.С.* Дикорастущие хозяйственно-ценные растения заповедника «Ягорлык» / Под ред. И. Тромбицкого. – Кишинев: Есо-ТИ-RAS, 2012. – 260 с.
24. *Шнаар Д., Гибелхаузен Г., Гинапп К., Дрегер Д. и др.* Кормовые культуры (Производство, уборка, консервирование и использование грубых кормов): М. – М.: ИД ООО «Агродело», 2009. – 784 с.
25. *Шпаков А.С.* Системы кормопроизводства Центральной России: молочно-мясное животноводство [Текст] / А.С. Шпаков; Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт кормов имени В.Р. Вильямса». – Москва: РАН, 2018. – 270, [1] с.: табл.; 25 см.; ISBN978–5–906906–75–5: 300 экз.
26. *Albayrak S., Turk M., Uksel O., Yilmaz M.* Forage Yield and the Quality of Perennial Legume Grass Mixtures under Rainfed Conditions // *Not Bot Hort Agrobot Cluj.* – 2011. – Vol. 39 (1). – Pp. 114–118.
27. *Barnes R.F., Miller D.A., Nelson Forages C.J.* Vol. 1: An Introduction to Grassland Agriculture, 5th ed // Iowa State University Press: Ames, IA, USA, 1995.
28. *Bolger T., Matches A.* Water-Use Efficiency and Yield of Sainfoin and Alfalfa // *Crop Science.* – 1990. – 30 (1). – Pp. 143–148.
29. *Borreani G., Peiretti P.G., Tabacco E.* Evolution of yield and quality of sainfoin (*Onobrychis viciifolia* Scop.) in the spring growth cycle // *Agronomie.* – 2003. – Vol. 23. – Pp. 193–201.
30. *Carbonero C.H., Mueller-Harvey I., Brown T.A. and Smith Sainfoin L.* (*Onobrychis viciifolia*): a beneficial forage legume // *Plant Genetic Resources: Characterization and Utilization.* – 2011. – Vol. 9 (1). – Pp. 70–85.
31. *Clement S.L., Griswold T.L., Rust R.W., Hellier B.C. et al.* Bee associates of flowering *Astragalus* and *Onobrychis* genebank accessions at a Snake River site in Eastern Washington // *Journal of the Kansas Entomological Society.* – 2006. – Vol. 79. – Pp. 254–260.
32. *Dear B.S., Moore G.A. and Hughes S.J.* Adaptation and potential contribution of temperate perennial legumes to the southern Australian wheatbelt: a review // *Australian Journal of Experimental Agriculture.* – 2003. – Vol. 43 (1). – Pp. 1–18.
33. *Frame J., Charlton J.F.L., Laidlaw A.S.* Temperate Forage Legumes – Wallingford: CAB International, 1998. – 327 с.
34. *Goplen B.P., Richards K.W., Moyer J.R.* Sainfoin for western Canada // *Agriculture Canada Publication 1470/E.* – Ottawa, Ont., 1991. – 23 p.
35. *Grabber J.H., Zeller W.E.* Mueller-Harvey Acetone enhances the direct analysis of procyanidin- and prodelphinidin-based condensed tannins in *Lotus* species by the butanol-HCl-iron assay // *J. Agric. Food Chem.* – 2013. – Vol. 61. – Pp. 2669–2678.

36. *Guglielmelli A., Calabrò S., Primi R., Carone F. et al.* In vitro fermentation patterns and methane production of sainfoin (*Onobrychis viciifolia* Scop.) hay with different condensed tannin contents // *Grass and Forage Science*. – 2011. – Vol. 66 (4). – Pp. 488–500.
37. *Guner A., Ozhatay N., Ekim T. and Baser K.* Flora of Turkey and East Aegean Islands // Press EU (ed.). – 2000. – Vol. 11. – Pp. 98–99.
38. *Haring D.A., Scharenberg A., Heckendorn F., Dohme F.* Tanniferous forage plants: agronomic performance, palatability and efficacy against parasitic nematodes in sheep // *Renewable Agriculture and Food Systems*. – 2008. – Vol. 23. – Pp. 19–29.
39. *Hosaininejadmir F., Jafari A., Nakhjavan S.* Seed and forage yield in populations of Sainfoin (*Onobrychis sativa*) grown as swards // *Journal of Food, Agriculture and Environment* – 2011. – Vol. 9 (1). – Pp. 404–408.
40. *Hoste H., Martinez-Ortiz-De-Montellano C., Manolaraki F., Brunet S. et al.* Direct and indirect effects of bioactive tannin-rich tropical and temperate legumes against nematode infections // *Vet. Parasitol.* – 2012. – Vol. 186. – Pp. 19–27.
41. *Hume L.J.* Nitrogen fixation in sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) 1. Responses to changes in nitrogen nutrition // *New Zealand Journal of Agricultural Research*. – 1985. – Vol. 28 (3). – Pp. 325–335.
42. *Huyen N.T., Desrues O., Alferink S.J.J., Zandstra T. et al.* Inclusion of sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) silage in dairy cow rations affects nutrient digestibility, nitrogen utilization, energy balance, and methane emissions // *Journal of Dairy Science*. – 2016. – Vol. 99, Is. 5. – Pp. 3566–3577.
43. *Issah G., Schoenau J.J., Lardner H.A. and Knight J.D.* Nitrogen Fixation and Resource Partitioning in Alfalfa (*Medicago sativa* L.), Cicer Milkvetch (*Astragalus cicer* L.) and Sainfoin (*Onobrychis viciifolia* Scop.) Using ¹⁵N Enrichment under Controlled Environment Conditions // *Agronomy*. – 2020. – Vol. 10. – P. 1438.
44. *Kelln B.M., Penner G.B., Acharya S.N., McAllister T.A. and Lardner H.A.* Impact of condensed tannin-containing legumes on ruminal fermentation, nutrition, and performance in ruminants: a review // *Canadian Journal of Animal Science*. – 2020. – Vol. 101, № 2. – Pp. 210–223.
45. *Kielly G.A., Jeerson P.G., Lawrence T., Irvine R.B.* Evaluation of sainfoin-alfalfa mixtures for forage production and composition at a semi-arid location in southern Saskatchewan // *Can. J. Plant Sci.* – 1994. – Vol. 74. – Pp. 785–791.
46. *Kilcher M.* Persistence of sainfoin (*Onobrychis viciifolia* Scop.) in semiarid prairie region of southwestern Saskatchewan // *Canadian Journal of Plant Science*. – 1982. – Vol. 62 (4). – Pp. 1049–1051.
47. *Khiaosa-Ard R., Bryner S.F., Scheeder M.R.L., Wettstein H. – R. et al.* Evidence for the inhibition of the terminal step of ruminal α -linolenic acid biohydrogenation by condensed tannins // *Journal of Dairy Science*. – 2009. – Vol. 92. – Pp. 177–188.
48. *Kong J., Pei Z., Du M., Sun G. et al.* Effects of arbuscular mycorrhizal fungi on the drought resistance of the mining area repair plant Sainfoin // *International Journal of Mining Science and Technology*. – 2014. – Vol. 24. – Pp. 485–489.
49. *Leiber F., Arnold N., Heckendorn F.* Assessing effects of tannin-rich sainfoin supplements for grazing dairy goats on feed protein efficiency // *Journal of Dairy Research*. – 2020. – Vol. 87 (4). – Pp. 397–399.
50. *Liu Z., Lane G.P.F., Davies W.P.* Establishment and production of common sainfoin (*Onobrychis viciifolia* Scop.) in the UK. 1. Effects of sowing date and autumn management on establishment and yield // *Grass and Forage Science*. – 2008. – Vol. 63, Is. 2. – Pp. 234–241.
51. *Liu Z., Lane G.P.F., Davies W.P.* Establishment and production of common sainfoin (*Onobrychis viciifolia* Scop.) in the UK. 2. Effects of direct sowing and undersowing

- in spring barley on sainfoin and sainfoin-grass mixtures // Grass and Forage Science. – 2008. – Vol. 63, Is. 2. – Pp. 242–248.
52. *MacAdam J.W., Villalba J.J.* Beneficial Effects of Temperate Forage Legumes that Contain Condensed Tannins // Agriculture. – 2015. – Vol. 5. – Pp. 475–491.
53. *Majak W., Hall J.W., McAllister T.A.* Practical measures for reducing risk of alfalfa bloat in cattle // Rangeland Ecology & Management: Journal of Range Management Archives. – 2001. – Vol. 54. – № 4. – Pp. 490–493.
54. *Malisch C.S., Lüscher A., Baert N., Engström M.T. et al.* Large variability of proanthocyanidin content and composition in sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) // Journal of Agricultural and Food Chemistry – 2015. – Vol. 63. – Pp. 10234–10242.
55. *Malisch C.S., Suter D., Studer B., Lüscher A.* Multifunctional benefits of sainfoin mixtures: Effects of partner species, sowing density and cutting regime // Grass and Forage Science. – 2017. – Vol. 72, Is. 4. – Pp. 794–805.
56. *Marinov-Serafimov P., Golubinova L., Vasileva V.* Dynamics and distribution of weed species in weed associations // Indian Journal of Agricultural Sciences. – 2019. – Vol. 89 (1). – Pp. 105–110.
57. *Maughan B., Provenza F.D., Tansawat R., Maughan C. et al.* Importance of grass-legume choices on cattle grazing behavior, performance, and meat characteristics // Journal of Animal Science. – 2014. – Vol. 92. – Pp. 2309–2324.
58. *Mc Mahon L.R., Majak W., McAllister T.A., Hall J.W. et al.* Effect of sainfoin on in vitro digestion of fresh alfalfa and bloat in steers // Can. J. Anim. Sci. – 1999. – Vol. 79. – Pp. 203–212.
59. *Mc Sweeney C.S., Palmer B., Mcneil D.M., Krause D.O.* Microbial Interactions With Tannins: Nutritional Consequences For Ruminants // Animal Feed Science And Technology. Animal Feed Science And Technology. – 2001. – Vol. 91. – Pp. 83–93.
60. *Min B.R., Solaiman S.* Comparative aspects of plant tannins on digestive physiology, nutrition and microbial community changes in sheep and goats: a review // Journal of animal physiology and animal nutrition. – 2018. – Vol. 102. – № 5. – Pp. 1181–1193.
61. *Mishra P., Singh P.P., Singh S.K., Verma H.* Sustainable agriculture and benefits of organic farming to special emphasis on PGPR // In Role of Plant Growth Promoting Microorganisms in Sustainable Agriculture and Nanotechnology; Woodhead Publishing: Cambridge, UK. – 2019. – Pp. 75–87.
62. *Mohajer S., Jafari A., Taha R.* Evaluation of yield and morphology traits in 72 genotypes of sainfoin (*onobrychis viciifolia scop*) through factor analysis // Legume Research. – 2012. – Vol. 35 (2). – Pp. 132–137.
63. *Mohajer S., Jafari A., Taha R., Yaacob J. et al.* Genetic diversity analysis of agro-morphological and quality traits in populations of sainfoin (*Onobrychis sativa*) // Australian Journal of Crop Science. – 2013. – Vol. 7 (7). – Pp. 1024–1031.
64. *Mora-Ortiz M., Smith L.* *Onobrychis viciifolia*; a comprehensive literature review of its history, etymology, taxonomy, genetics, agronomy and botany // Plant genetic resources. – 2018. – Vol. 16 (5). – Pp. 403–418.
65. *Mowrey D.P., Volesky J.D.* Feasibility of grazing sainfoin on the southern Great Plains // Journal of Range Management. – 1993. – Vol. 46. – Pp. 539–541.
66. *Mueller-Harvey I.* Breeding for ‘HealthyHay’: Can We Optimise Plant Polyphenols in Legumes for Ruminant Nutrition, Animal Health and Environmental Sustainability? // Quantitative Traits Breeding for Multifunctional Grasslands and Turf. – 2014. – Pp. 299–311.
67. *Mueller-Harvey I., Bee G., Dohme-Meier F., Hoste H. et al.* Benefits of condensed tannins in forage legumes fed to ruminants: Importance of structure, concentration, and diet composition // Crop Science. – 2019. – Vol. 59. – № 3. – Pp. 861–885.

68. *Oliveira J.A., Palencia P., Afif E., Delgado I. et al.* Effects of Rhizobium inoculation and sowing date on yield and nutritive value of sainfoin in Asturias (Spain) // ITEA. – 2017. – Vol. 113. – № 2. – Pp. 117–121.
69. *Ozbilgin A., Coskun B.* Use of sainfoin in ruminant nutrition // Scientific Works. Series C. Veterinary Medicine. – 2018. – Vol. 64. – № 1. – Pp. 100–105.
70. *Paolini V., De La Farge F., Prevot F., Dorchie P.H. et al.* Effects of the repeated distribution of sainfoin hay on the resistance and the resilience of goats naturally infected with gastrointestinal nematodes // Veterinary Parasitology. – 2005. – Vol. 127. – Pp. 277–283.
71. *Phillips B.B., Shaw R.F., Holland M.J., Fry E.L. et al.* Drought reduces floral resources for pollinators // Global Change Biology. – 2018. – Vol. 24, Is. 7. – Pp. 3226–3235.
72. *Prévost D., Antoun H., Bordeleau L.* Effects of low temperatures on nitrogenase activity in sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) nodulated by arctic rhizobia // FEMS Microbiology Letters. – 1987. – Vol. 45 (4). – Pp. 205–210.
73. *Provorov N., Tickhonovich I.* Genetic Resources for improving nitrogen fixation in legume-rhizobia symbiosis // Gen. Res. Crop Evol. – 2003. – Vol. 50. – Pp. 89–99.
74. *Rasoli M., Jafari A., Tabaei-Aghdaei S., Shanjani P.* Herbage yield stability of 38 genotypes of sainfoin (*Onobrychis sativa*) across five environments of Iran // Legume Research. – 2014. – Vol. 37 (3). – Pp. 245–252.
75. *Scharenberg A., Kreuzer M., Dohme F.* Suitability of sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) hay as a supplement to fresh grass in dairy cows // Asian-Australasian Journal of Animal Sciences. – 2009. – Vol. 22. – Pp. 1005–1015.
76. *Sheehy J.E., Popple C.S.* Photosynthesis, Water Relations, Temperature and Canopy Structure as Factors Influencing the Growth of Sainfoin (*Onobrychis viciifolia* Scop.) and Lucerne (*Medicago sativa* L.) // Annals of Botany. – 1981. – Vol. 48, Is. 2. – Pp. 113–128.
77. *Sheppard S.C., Cattani D.J., Ominski K.H., Biliget B.* Sainfoin production in western Canada: A review of agronomic potential and environmental benefits // Grass and Forage Science. – 2019. – Vol. 74, Is. 1. – Pp. 6–18.
78. *Smith L.* Optimising plant polyphenols in legumes for ruminant nutrition plus health plus environmental sustainability // Legume Plus. – 2011. – URL: http://www.niab.com/pages/id/385/Legume_Plus.
79. *Sölter U., Hopkins A., Sitzia M., Goby J.P. et al.* Seasonal changes in herbage mass and nutritive value of a range of grazed legume swards under Mediterranean and cool temperate conditions // Grass and Forage Science. – 2007 – Vol. 62. – Pp. 372–388.
80. *Taki H., Okabe K., Makino S., Yamaura Y. et al.* Contribution of small insects to pollination of common buckwheat, a distylous crop // Annals of Applied Biology. – 2009. – Vol. 155. – Pp. 121–129.
81. *Theodoridou K., Aufrère J., Andueza D., Le Morvan A. et al.* Effect of plant development during first and second growth cycle on chemical composition, condensed tannins and nutritive value of three sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) varieties and lucerne // Grass and Forage Science. – 2011. – Vol. 66. – Pp. 402–414.
82. *Theodoridou K., Aufrère J., Niderkorn V., Andueza D.* In vitro study of the effects of condensed tannins in sainfoin on the digestive process in the rumen at two vegetation cycles // Animal Feed Science and Technology. – 2011. – Vol. 170. – Pp. 147–159.
83. *Turk M., Albayrak S., Tuzun C., Yuksel O.* Effects of fertilisation and harvesting stages on forage yield and quality of sainfoin (*Onobrychis sativa* L.) // Bulgarian Journal of Agricultural Science. – 2011. – Vol. 17 (6). – Pp. 789–794.
84. *Verkhovina A.V., Chernysheva O.A., Ebel A.L., Erst A.S. et al.* Findings to the flora of Russia and adjacent countries: New national and regional vascular plant records, 2 Botanical Pacifica // A journal of plant science and conservation. – 2020. – Vol. 9 (1). – Pp. 139–154.

85. Williams C.M., Eun J.S., MacAdam J.W., Young A.J. et al. Effects of forage legumes containing condensed tannins on methane and ammonia production in continuous cultures of mixed ruminal microorganisms // *Animal Feed Science and Technology*. – 2011. – Vol. 166. – Pp. 364–372.

86. Woodward S.L., Waghorn G.C., Watkins K.A., Bryant M.A. Feeding birdsfoot trefoil (*Lotus corniculatus*) reduces the environmental impacts of dairy farming // *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*. – New Zealand Society of Animal Production. – 2009. – Vol. 69. – Pp. 179–183.

87. Yildiz B., Ciplak B., Aktoklu E. Fruit morphology of sections of the genus *Onobrychis* Miller (Fabaceae) and its phylogenetic implications // *Israel J. Plant Sci.* – 1999. – Vol. 47. – Pp. 269–282.

SAINFOIN (*ONOBRYCHIS ADANS.*): A BENEFICIAL CROP IN ORGANIC GRASSLAND FARMING (REVIEW)

N.N. LAZAREV, A.V. SHITIKOVA, E.M. KURENKOVA, O.V. KUKHARENKOVA,
S.A. DIKAREVA, A.A. KLIMOV, S.N. SHEVELEVA

(Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy)

Perennial legumes are the most beneficial crops in the organic grassland farming. These crops include sainfoin, which should take its rightful place in forage lands, especially in modern conditions of increasing aridity. Three species are cultivated in Russia: Onobrychis viciifolia Scop., O. arenaria (Kit.) DC and O. transcaucasica Grossh. The cultivation of sainfoin is of great ecological importance due to its special ecological properties and chemical composition. It has a deep and highly branched root system, capable of absorbing nutrients from deep soil layers. The root system of sainfoin absorbs minerals from hard-to-reach soil compounds, so it is little responsive to fertilisation, and can be successfully used in organic grassland farming. Unlike other leguminous grasses, with the exception of the birdsfoot trefoil, sainfoin does not cause bloat in ruminants. This is due to the presence of condensed tannins (CTs) in the plant in the amount of 30–80 g per 1 kg of dry matter. CTs increase the amount of non-degradable protein in the rumen, which prevents bloat in ruminants, reduces methane emissions and nitrogen compounds in urine, which in turn reduces the impact of greenhouse gases on the heat balance of the Earth. CTs have shown in vivo anti-parasitic activity against helminths in sheep and goats, improving feed nutrient utilisation and increasing animal productivity. Sainfoin fixes atmospheric nitrogen in an amount up to 150 kg/ha and does not require the application of nitrogen fertilisers, which can pollute groundwater and atmospheric air. Enriching the soil with nitrogen and other nutrients due to their biological accumulation in the upper soil layer, sainfoin contributes to soil fertility. Sainfoin provides yields from 4 to 7 t/ha of dry matter with a productive longevity of herbage for 4–7 years reducing the cost of reseeding.

Key words: *sainfoin, yield, condensed tannins, bloat, organic grassland farming.*

References

1. Biryulya N.M., Bogomolov K.V. Honey-bearing, medicinal and ornamental plants of the natural flora of Siberia, the Urals and the European part of Russia: Reference book: in two volumes. Ryazan: Ryazanskaya obl. tip.; Novosibirsk: [b. i.], 2017; 1: 351. (In Rus.)
2. Blagoveshchenskiy G.V., Kononchuk V.V., Sobolev S.V. Modern forage production in European agriculture. *Izvestiya Timiryazevskoy sel'skokhozyaystvennoy akademii*. 2019; 3: 33–47. (In Rus.)

3. *Vasilenko R.N., Yavorskiy S.V.* Shaping perennial agrocenoses on low-yielding land in Ukraine. *Kormoproizvodstvo*. 2015; 3: 16–20. (In Rus.)
4. *Voloshin V.A.* Preliminary results of the sainfoin study in Perm Krai. *Sibirskiy vestnik sel'skokhozyaystvennoy nauki*. 2015; 1: 49–54. (In Rus.)
5. *Voloshin V.A., Maysak G.P., Terent'eva L.S.* Sandy sainfoin and its agro-ecological role in farming. *Kormoproizvodstvo*. 2021; 5: 21–25. (In Rus.)
6. *Goloborod'ko S.P., Gal'chenko N.N.* Sainfoin sainfoin in the southern steppe of Ukraine. 2012; 10: 32–33. (In Rus.)
7. *Grossgeym A.A.* Sainfoin – *Onobrychis adans.* *Flora SSSR*. T. 13. M. – L.: Izd-vo Akademii nauk SSSR, 1948: 319–325. (In Rus.)
8. *Dedov A.V., Nesmeyanova M.A., Shryukin N.N.* Bioprospecting and reproduction of chernozem fertility. *Zemledelie*. 2012; 6: 4–5. (In Rus.)
9. *Zavalin A.A., Sokolov O.A., Shmyreva N.Ya.* Ecology of nitrogen fixation. M.: RAN, 2019: 252. (In Rus.)
10. *Zolotarev V.N., Ivanov I.S., Saprykin S.V., Chekmarova A.V.* Biological features and technology of sainfoin cultivation for seeds in the steppe zone of the Central Black Earth Region under conditions of climate aridization. *Kormoproizvodstvo*. 2019; 8: 19–27. (In Rus.)
11. *Ignat'ev S.A., Gryazeva T.V., Chesnokov I.M.* Sainfoin cultivars for growing in arid conditions. *Zernovoe khozyaystvo Rossii*. 2000; 9: 9–12. (In Rus.)
12. *Kashevarov N.I., Polyudina R.I., Rozhanskaya O.A., Zheleznov A.V.* Breeding sainfoin (*Onobrychis mill.*) for forage production in Siberia. *Kormoproizvodstvo*. 2013; 9: 22–24. (In Rus.)
13. *Lazarev N.N., Prudnikov A.D., Kurenkova E.M., Starodubtseva A.M.* Perennial leguminous grasses in the Non-Black Earth region. M.: Izdatel'stvo RGAU-MSKhA imeni K.A. Timiryazeva, 2017: 263. (In Rus.)
14. *Lazarev N.N., Mikhalev S.S.* Meadow and field fodder production. M.: Izdatel'stvo RGAU-MSKhA imeni K.A. Timiryazeva, 2020: 269. (In Rus.)
15. *Nagibin A.E., Tormozin M.A., Zyryantseva A.A.* Grasses in the forage production system of the Urals: A monograph. Ekaterinburg: Izd-vo IPP Ural'skiy rabochiy, 2018: 783. (In Rus.)
16. *Saprykin S.V., Zolotarev V.N., Ivanov I.S., Stepanova G.V. et al.* Scientific basis for breeding and seed production of perennial grasses in the Central Black Earth Region of Russia. Nauchnoe izdanie. Voronezh: OAO “Voronezhskaya oblastnaya tipografiya”, 2020: 496. (In Rus.)
17. *Novoselova A.S.* Sainfoin (*Onobrychis adans.*). Osnovnye vidy i sorta kormovykh kul'tur. M.: Nauka, 2015: 98–104. (In Rus.)
18. *Pankov D.M.* Effectiveness of sainfoin cultivation in the Altai forest-steppe. *Kormoproizvodstvo*. 2012; 10: 34–36. (In Rus.)
19. *Ryabinina O.V.* Sainfoin sainfoin – the Irkutsk region's fodder reserve. *Agrarnaya nauka*. 2002; 2: 10–11. (In Rus.)
20. *Saprykin S.V., Zolotarev V.N., Ivanov I.S., Stepanova G.V. et al.* Scientific basis for breeding and seed production of perennial grasses in the Central Black Earth Region of Russia. Voronezh: OAO “Voronezhskaya oblastnaya tipografiya”, 2020: 496. (In Rus.)
21. *Safin Kh.M., Zotov A.A.* Hayfields and pastures in the Urals. Ufa: Gilem, 2009: 359. (In Rus.)
22. *Slobodyanik T.M., Slobodyanik N.S., Chepelev G.P.* Sainfoin is a promising crop for fodder production in the Amur region. Innovacionnyye processy i tekhnologii v sovremennom sel'skom khozyaystve: materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Blagoveshchensk: Dal'nevostochniy gosudarstvenniy agrarniy universitet. 2014; 1: 129–134. (In Rus.)

23. *Shabanova G.A., Izverskaya T.D., Gendov V.S.* Wild plants of economic value in the Yagorlyk Nature Reserve. Ed. by I. Trombickogo. Kishinev: Eco-TIRAS, 2012: 260. (In Rus.)
24. *Shpaar D., Gibelhauzen G., Ginapp K., Dreger D. et al.* Forage crops (Production, harvesting, preservation and use of roughage). M.: ID OOO "Agrodelo", 2009: 784. (In Rus.)
25. *Shpakov A.S.* Forage production systems in Central Russia: Dairy and beef cattle farming. M.: RAN, 2018: 272. (In Rus.)
26. *Albayrak S., Turk M., Uksel O., Yilmaz M.* Forage Yield and the Quality of Perennial Legume Grass Mixtures under Rainfed Conditions. *Not Bot Hort Agrobot Cluj*. 2011; 39 (1):114–118.
27. *Barnes R.F., Miller D.A., Nelson C.J.* Forages. Volume 1: An Introduction to Grassland Agriculture, 5th ed. Iowa State University Press: Ames, IA, USA, 1995.
28. *Bolger T., Matches A.* Water Use Efficiency and Yield of Sainfoin and Alfalfa. *Crop Science*. 1990; 30(1): 143–148.
29. *Borreani G., Peiretti P.G., Tabacco E.* Evolution of yield and quality of sainfoin (*Onobrychis viciifolia* Scop.) in the spring growth cycle. *Agronomie*. 2003; 23: 193–201.
30. *Carbonero C.H., Mueller-Harvey I., Brown T.A. and Smith L.* Sainfoin (*Onobrychis viciifolia*): a beneficial forage. *Plant Genetic Resources: Characterization and Utilization*. 2011; 9 (1): 70–85.
31. *Clement S.L., Griswold T.L., Rust R.W., Hellier B.C. et al.* Bee associates of flowering *Astragalus* and *Onobrychis* genebank accessions at a Snake River site in Eastern Washington. *Journal of the Kansas Entomological Society*. 2006; 79: 254–260.
32. *Dear B.S., Moore G.A. and Hughes S.J.* Adaptation and potential contribution of temperate perennial legumes to the southern Australian wheatbelt: a review. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 2003; 43(1): 1–18.
33. *Frame J., Frame J., Charlton J.F.L., Laidlaw A.S.* Temperate Forage Legumes. Wallingford: CAB International. 1998: 327.
34. *Goplen B.P., Richards K.W., Moyer J.R.* Sainfoin for western. Agriculture Canada Publication 1470/E, Ottawa, Ont., 1991: 23.
35. *Grabber J.H., Zeller W.E., Mueller-Harvey* Acetone enhances the direct analysis of procyanidin- and prodelphinidin-based condensed tannins in *Lotus* species by the butanol-HCl-iron assay. *J. Agric. Food Chem.* 2013; 61: 2669–2678.
36. *Guglielmelli A., Calabrò S., Primi R., Carone F. et al.* In vitro fermentation patterns and methane production of sainfoin (*Onobrychis viciifolia* Scop.) hay with different condensed tannin contents. *Grass and Forage Science*. 2011; 66(4): 488–500.
37. *Guner A., Ozhatay N., Ekim T. and Baser K.* Flora of Turkey and East Aegean Islands. In: Press EU (ed.). 2000; 11: 98–99.
38. *Haring D.A., Scharenberg A., Heckendorn F., Dohme F.* Tanniferous forage plants: agronomic performance, palatability and efficacy against parasitic nematodes in sheep. *Renewable Agriculture and Food Systems*. 2008; 23: 19–29.
39. *Hosaininejadmir F., Jafari A., Nakhjavan S.* Seed and forage yield in populations of Sainfoin (*Onobrychis sativa*) grown as swards. *Journal of Food, Agriculture and Environment*. 2011; 9 (1): 404–408.
40. *Hoste H., Martinez-Ortiz-De-Montellano C., Manolaraki F., Brunet S. et al.* Direct and indirect effects of bioactive tannin-rich tropical and temperate legumes against nematode infections. *Vet. Parasitol.* 2012; 186: 19–27.
41. *Hume L.J., Withers N.J., Rhoades D.A.* Nitrogen fixation in sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) 1. Responses to changes in nitrogen nutrition. *New Zealand Journal of Agricultural Research*. 1985; 28 (3): 325–335.

42. *Huyen N., Desrués O., Alferink S.J. J., Zandstra T. et al.* Inclusion of sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) silage in dairy cow rations affects nutrient digestibility, nitrogen utilization, energy balance, and methane emissions. *Journal of Dairy Science*. 2016; 99; 5: 3566–3577.
43. *Issah G., Schoenau J.J., Lardner H.A. and Knight J.D.* Nitrogen Fixation and Resource Partitioning in Alfalfa (*Medicago sativa* L.), Cicer Milkvetch (*Astragalus cicer* L.) and Sainfoin (*Onobrychis viciifolia* Scop.) Using ¹⁵N Enrichment under Controlled Environment Conditions. *Agronomy*. 2020; 10: 1438.
44. *Kelln B.M., Penner G.B., Acharya S.N., McAllister T.A. and Lardner H.A.* Impact of condensed tannin-containing legumes on ruminal fermentation, nutrition, and performance in ruminants: a review. *Canadian Journal of Animal Science*. 2020; 101; 2: 210–223.
45. *Kielly G.A., Jeerson P.G., Lawrence T., Irvine R.B.* Evaluation of sainfoin-alfalfa mixtures for forage production and composition at a semi-arid location in southern Saskatchewan. *Can. J. Plant Sci.* 1994; 74: 785–791.
46. *Kilcher M.* Persistence of sainfoin (*Onobrychis viciifolia* Scop.) in semiarid prairie region of southwestern Saskatchewan. *Canadian Journal of Plant Science*. 1982; 62 (4): 1049–1051.
47. *Khiaosa-Ard R., Bryner S.F., Scheeder M.R.L., Wettstein H. – R. et al.* Evidence for the inhibition of the terminal step of ruminal α -linolenic acid biohydrogenation by condensed tannins. *Journal of Dairy Science*. 2009; 92: 177–188.
48. *Kong J., Pei Z., Du M., Sun G. et al.* Effects of arbuscular mycorrhizal fungi on the drought resistance of the mining area repair plant Sainfoin. *International Journal of Mining Science and Technology*. 2014; 24: 485–489.
49. *Leiber F., Arnold N., Heckendorn F.* Assessing effects of tannin-rich sainfoin supplements for grazing dairy goats on feed protein efficiency. *Journal of Dairy Research*. 2020; 87(4): 397–399.
50. *Liu Z., Lane G.P.F., Davies W.P.* Establishment and production of common sainfoin (*Onobrychis viciifolia* Scop.) in the UK. 1. Effects of sowing date and autumn management on establishment and yield. *Grass and Forage Science*. 2008; 63; 2: 234–241.
51. *Liu Z., Lane G.P.F., Davies W.P.* Establishment and production of common sainfoin (*Onobrychis viciifolia* Scop.) in the UK. 2. Effects of direct sowing and undersowing in spring barley on sainfoin and sainfoin-grass mixtures. *Grass and Forage Science*. 2008; 63; 2: 242–248.
52. *MacAdam J.W., Villalba J.J.* Beneficial Effects of Temperate Forage Legumes that Contain Condensed Tannins. *Agriculture*. 2015; 5: 475–491.
53. *Majak W., Hall J.W., McAllister T.A.* Practical measures for reducing risk of alfalfa bloat in cattle. *Rangeland Ecology & Management. Journal of Range Management Archives*. 2001; 54; 4: 490–493.
54. *Malisch C.S., Lüscher A., Baert N., Engström M.T. et al.* Large variability of proanthocyanidin content and composition in sainfoin (*Onobrychis viciifolia*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2015; 63: 10234–10242.
55. *Malisch C.S., Suter D., Studer B., Lüscher A.* Multifunctional benefits of sainfoin mixtures: Effects of partner species, sowing density and cutting regime. *Grass and Forage Science*. 2017; 72; 4: 794–805.
56. *Marinov-Serafimov P., Golubinova L., Vasileva V.* Dynamics and distribution of weed species in weed associations. *Indian Journal of Agricultural Sciences*. 2019; 89 (1): 105–110.
57. *Maughan B., Provenza F.D., Tansawat R., Maughan C. et al.* Importance of grass-legume choices on cattle grazing behavior, performance, and meat characteristics. *Journal of Animal Science*. 2014; 92: 2309–2324.

58. *McMahon L.R., Majak W., McAllister T.A., Hall J.W. et al.* Effect of sainfoin on in vitro digestion of fresh alfalfa and bloat in steers. *Can. J. Anim. Sci.* 1999; 79: 203–212.
59. *Mc Sweeney C.S., Palmer B., Mcneil D.M., Krause D.O.* Microbial Interactions with Tannins: Nutritional Consequences for Ruminants. *Animal Feed Science and Technology.* 2001; 91: 83–93.
60. *Min B.R., Solaiman S.* Comparative aspects of plant tannins on digestive physiology, nutrition and microbial community changes in sheep and goats: a review. *Journal of animal physiology and animal nutrition.* 2018; 102; 5: 1181–1193.
61. *Mishra P., Singh P.P., Singh S.K., Verma H.* Sustainable agriculture and benefits of organic farming to special emphasis on PGPR. In *Role of Plant Growth Promoting Microorganisms in Sustainable Agriculture and Nanotechnology*; Woodhead Publishing: Cambridge, UK. 2019: 75–87.
62. *Mohajer S., Jafari A., Taha R.* Evaluation of yield and morphology traits in 72 genotypes of sainfoin (*onobrychis viciifolia scop*) through factor analysis. *Legume Research.* 2012; 35(2): 132–137.
63. *Mohajer S., Jafari A., Taha R., Yaacob J. et al.* Genetic diversity analysis of agro-morphological and quality traits in populations of sainfoin (*Onobrychis sativa*). *Australian Journal of Crop Science.* 2013; 7(7): 1024–1031.
64. *Mora-Ortiz M., Smith L.* *Onobrychis viciifolia*; a comprehensive literature review of its history, etymology, taxonomy, genetics, agronomy and botany. *Plant genetic resources.* 2018; 16 (5): 403–418.
65. *Mowrey D.P., Volesky J.D.* Feasibility of grazing sainfoin on the southern Great Plains. *Journal of Range Management.* 1993; 46: 539–541.
66. *Mueller-Harvey I.* Breeding for ‘HealthyHay’: Can We Optimise Plant Polyphenols in Legumes for Ruminant Nutrition, Animal Health and Environmental Sustainability? *Quantitative Traits Breeding for Multifunctional Grasslands and Turf.* 2014: 299–311.
67. *Mueller-Harvey I., Bee G., Dohme-Meier F., Hoste H. et al.* Benefits of condensed tannins in forage legumes fed to ruminants: Importance of structure, concentration, and diet composition. *Crop Science.* 2019; 59; 3: 861–885.
68. *Oliveira J.A., Palencia P., Afif E., Delgado I. et al.* Effects of Rhizobium inoculation and sowing date on yield and nutritive value of sainfoin in Asturias (Spain). *ITEA.* 2017; 113; 2: 117–121.
69. *Ozbilgin A., Coskun B.* Use of sainfoin in ruminant nutrition. *Scientific Works. Series C. Veterinary Medicine.* 2018; 64; 1: 100–105.
70. *Paolini V., De La Farge, Prevost F., Dorchie P.H. et al.* Effects of the repeated distribution of sainfoin hay on the resistance and the resilience of goats naturally infected with gastrointestinal nematodes. *Veterinary Parasitology.* 2005; 127: 277–283.
71. *Phillips B.B., Shaw R.F., Holland M.J., Fry E.L. et al.* Drought reduces floral resources for pollinators. *Global Change Biology.* 2018; 24; 7: 3226–3235.
72. *Prévost D., Antoun H., Bordeleau L.* Effects of low temperatures on nitrogenase activity in sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) nodulated by arctic rhizobia. *FEMS Microbiology Letters.* 1987; 45(4): 205–210.
73. *Provorov N., Tikhonovich I.* Genetic Resources for improving nitrogen fixation in legume-rhizobia symbiosis. *Gen. Res. Crop Evol.* 2003; 50: 89–99.
74. *Rasoli M., Jafari A., Tabaei-Aghdaei S., Shanjani P.* Herbage yield stability of 38 genotypes of sainfoin (*Onobrychis sativa*) across five environments of Iran. *Legume Research.* 2014; 37(3): 245–252.
75. *Scharenberg A., Kreuzer M., Dohme F.* Suitability of sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) hay as a supplement to fresh grass in dairy cows. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences.* 2009; 22: 1005–1015.

76. *Sheehy J.E., Popple C.S.* Photosynthesis, Water Relations, Temperature and Canopy Structure as Factors Influencing the Growth of Sainfoin (*Onobrychis viciifolia* Scop.) and Lucerne (*Medicago sativa* L.). *Annals of Botany*. 1981; 48; 2: 113–128.

77. *Sheppard S.C., Cattani D.J., Ominski K.H., Biligetu B.* Sainfoin production in western Canada: A review of agronomic potential and environmental benefits. *Grass and Forage Science*. 2019; 74; 1: 6–18.

78. *Smith L.* Optimising plant polyphenols in legumes for ruminant nutrition plus health plus environmental sustainability. *Legume Plus*. 2011. http://www.niab.com/pages/id/385/Legume_Plus.

79. *Sölter U., Hopkins A., Sitzia M., Goby J.P. et al.* Seasonal changes in herbage mass and nutritive value of a range of grazed legume swards under Mediterranean and cool temperate conditions. *Grass and Forage Science*. 2007; 62: 372–388.

80. *Taki H., Okabe K., Makino S., Yamaura Y. et al.* Contribution of small insects to pollination of common buckwheat, a distylous crop. *Annals of Applied Biology*. 2009; 155: 121–129.

81. *Theodoridou K., Aufrère J., Andueza D., Le Morvan A. et al.* Effect of plant development during first and second growth cycle on chemical composition, condensed tannins and nutritive value of three sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) varieties and Lucerne. *Grass and Forage Science*. 2011; 66: 402–414.

82. *Theodoridou K., Aufrère J., Niderkorn V., Andueza D.* In vitro study of the effects of condensed tannins in sainfoin on the digestive process in the rumen at two vegetation cycles. *Animal Feed Science and Technology*. 2011; 170: 147–159.

83. *Turk M., Albayrak S., Tuzun C., Yuksel O.* Effects of fertilisation and harvesting stages on forage yield and quality of sainfoin (*Onobrychis sativa* L.). *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 2011; 17(6): 789–794.

84. *Verkhovzina A.V., Chernysheva O.A., Ebel A.L., Erst A.S. et al.* Findings to the flora of Russia and adjacent countries: New national and regional vascular plant records, 2 *Botanica Pacifica*. A journal of plant science and conservation. 2020; 9(1): 139–154.

85. *Williams C.M., Eun J.S., MacAdam J.W., Young A.J. et al.* Effects of forage legumes containing condensed tannins on methane and ammonia production in continuous cultures of mixed ruminal microorganisms. *Animal Feed Science and Technology*. 2011; 166: 364–372.

86. *Woodward S.L., Waghorn G.C., Watkins K.A., Bryant M.A.* Feeding birdsfoot trefoil (*Lotus corniculatus*) reduces the environmental impacts of dairy farming. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*. New Zealand Society of Animal Production. 2009; 69: 179–183.

87. *Yildiz B., Ciplak B., Aktoklu E.* Fruit morphology of sections of the genus *Onobrychis* Miller (Fabaceae) and its phylogenetic implications. *Israel J. Plant Sci.* 1999; 47: 269–282.

Лазарев Николай Николаевич, д-р с.-х. наук, профессор, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, кафедра растениеводства и луговых экосистем; 127434, Российская Федерация, г. Москва, Лиственничная аллея, 3; тел.: (499) 976–10–05; (985) 723–38–12; e-mail: lazarevnick2012@gmail.com

Шитикова Александра Васильевна, д-р с.-х. наук, профессор, заведующий кафедрой, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, кафедра растениеводства и луговых экосистем; 127550, Российская Федерация, г. Москва, Лиственничная аллея, 3; тел.: (499) 976–13–75; e-mail: plant@rgau-msha.ru

Куренкова Евгения Михайловна, ассистент, канд. с.-х. наук, доцент; Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, кафедра растениеводства и луговых экосистем; тел.: (499) 976–10–05; e-mail: ekurenkova@rgau-msha.ru

Кухаренкова Ольга Владимировна, канд. с.-х. наук, доцент, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, кафедра растениеводства и луговых экосистем; тел.: (499) 976–10–05; e-mail: kucharaov@gmail.com

Дикарева Светлана Александровна, аспирант, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, кафедра растениеводства и луговых экосистем

Климов Александр Андреевич, аспирант, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, кафедра растениеводства и луговых экосистем

Шевелева Светлана Николаевна, аспирант, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, кафедра растениеводства и луговых экосистем

Nikolay N. Lazarev, DSc (Ag), Professor, Professor of the Department of Crop Production and Meadow Ecosystems, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49, Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russian Federation; phone: (499) 976–10–05, (985) 723–38–12; E-mail: lazarevnick2012@gmail.com)

Aleksandra V. Shitikova, DSc (Ag), Professor, Head of the Department of Crop Production and Meadow Ecosystems, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49, Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russian Federation; phone: (499) 976–13–75; E-mail: plant@rgau-msha.ru)

Evgeniya M. Kurenkova, CSc (Ag), Assistant of the Department of Crop Production and Meadow Ecosystems, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49, Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russian Federation; phone: (499) 976–10–05; E-mail: plant@rgau-msha.ru)

Olga V. Kukharenskova, CSc (Ag), Associate Professor, Department of Crop Production and Meadow Ecosystems, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49, Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russian Federation; phone: (499) 976–10–05; E-mail: kucharaov@gmail.com)

Svetlana A. Dikareva, post-graduate student, Department of Crop Production and Meadow Ecosystems, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49, Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russian Federation)

Klimov Aleksandr Andreyevich, post-graduate student, Department of Crop Production and Meadow Ecosystems, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49, Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russian Federation)

Svetlana N. Sheveleva, post-graduate student, Department of Crop Production and Meadow Ecosystems, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49, Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russian Federation)

ПЕРВОЕ СООБЩЕНИЕ О *CERPHALOTRICHUM ASPERULUM* КАК ПАТОГЕНЕ КАРТОФЕЛЯ В РОССИИ

И.В. ТУЧКОВ, Р.И. ТАРАКАНОВ, О.О. БЕЛОШАПКИНА, Ф.С.У. ДЖАЛИЛОВ

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

При проведении фитосанитарной экспертизы в партии хранящегося картофеля сорта Жуковский ранний в Орловской области России обнаружены клубни с признаками поражений в виде локального потемнения мякоти без ее явного размягчения и коремий гриба на поверхности. Проведено выделение в чистую культуру патогена, и у выделенного изолята описаны морфологические особенности структур конидиального спороношения; приведены усредненные размеры вегетативного мицелия, конидий, конидиеносцев и коремий. Проверка патогенности изолята на листьях и ломтиках клубней показала наличие симптомов в виде локальных хлорозов и некрозов. Последующая идентификация изолята методами ПЦР и секвенирования показала, что анализируемый изолят наиболее близок к роду *Cerphalotrichum*, виду *C. asperulum*. Полученная последовательность была депонирована в GenBank (регистрационный № ON364353). Несмотря на то, что выделенные грибы упоминаются в литературе как эндофитные, в данных исследованиях приоритетно показано их паразитическое воздействие на растение картофеля с определенной симптоматикой. Предположительно это первое сообщение о том, что *C. asperulum* вызывает локальный некроз листьев и клубней картофеля при хранении в России.

Ключевые слова: *Cerphalotrichum*, грибы, патогены картофеля, эндофиты, первое обнаружение, искусственное заражение

Введение

Картофель (*Solanum tuberosum* L.) является четвертой по значимости культурой для питания человека в мире после кукурузы, пшеницы и риса. Кроме того, значительное количество картофеля используется для корма скота и в семенных целях [1]. Россия, производящая около 20 млн т картофеля ежегодно, входит в топ-5 стран с наибольшим объемом производства картофеля. В связи с активизацией растениеводства происходит изменение патоконтекста, встречающегося на картофеле. В частности, в последние годы в России были диагностированы новые возбудители болезней этой культуры, которые ранее отсутствовали в стране либо не проявляли патогенность и вызывали поражение малой и средней тяжести. Имеются сообщения об обнаружении бактериальных возбудителей мокрой гнили и черной ножки, вызванных новыми видами *Pectobacterium* spp. [2–3], о возбудителе кольцевой гнили *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* [4]. Относительно новыми грибными болезнями являются антракноз (возбудитель – *Colletotrichum coccodes* [5]) и *Septotinia populi-perda* [6]; из фитоплазменных заболеваний, усиливших свою вредоносность на картофеле, это столбур (возбудитель – *Tomato stolbur phytoplasma* [7]); из вириодных это веретеновидность клубней (возбудитель *Potato spindle tuber viroid* [8]).

Появление новых патогенов растений в ряде случаев связано с переходом к паразитизму эндофитных грибов [9], а некоторые эндофиты, возможно, мутировали из патогенов дикого типа [10]. Таким образом, некоторые из грибов, которые считаются эндофитами, на самом деле могут быть скрытыми патогенами [11], и наоборот, потенциальные

мутуалисты растений могут стать патогенными для своего хозяина. Патогенность или мутуализм могут зависеть от многих факторов включая генотип растений и микроорганизмов, численность микроорганизмов и условия окружающей среды [12].

Эндофитные грибы, заселяющие внутренние ткани живых растений, фактически не наносят им никакого вреда. Эти грибы являются в основном специализированными биотрофами. В то же время растения могут в определенной степени извлекать из них пользу, повышая уровни необходимых фитогормонов, активнее поглощая и усваивая минеральное питание, что в целом способствует лучшей адаптации растений к абиотическим стрессовым факторам [13]. В этой ситуации эндофитная микобиота может оказывать широкий спектр полезного воздействия на своего хозяина, поскольку такого рода ассоциации усиливают иммунологическую защиту растения-хозяина [14], ограничивают поражение патогенами на разных стадиях развития [15] и вызывают стрессоустойчивость как к биотическим, так и к абиотическим факторам [16]. Однако вероятно, что грибы-эндофиты могут при определенных условиях вступать с растением-хозяином и в иные отношения, частично или полностью переходя к паразитическому образу жизни. Отдельные грибные эндофиты на самом деле могут быть вредными для своего хозяина, вызывая симптомы заболевания в условиях стресса [17], или являться патогенными для видов растений, отличных от их типичного хозяина [18].

Род *Cephalotrichum* (Ascomycota, Pezizomycotina, Sordariomycetes, Hypocreomycetidae, Microascales, Microascaceae) включает в себя синематозные виды сапротрофных грибов с обширным распространением, которые выделяются в основном из воздуха и почвы, урбосреды [19], а также из разрушающихся растительных остатков, соломы, навоза, древесины [20]. Существуют частые упоминания об ассоциации отдельных представителей рода *Cephalotrichum* с конкретными растениями. В частности, из листового опада яблони и платана, остатков стеблей тростниковых растений выделяли представителей вида *C. asperulum*, из побегов яблони и остатков листьев яблони и ясеня выделяли *C. nanum* [21], а *C. oligotrichum* был выделен из ложноакации, или робинии [22].

Цель исследований: идентификация нового заболевания клубней картофеля в период хранения на основе морфологических и молекулярных характеристик возбудителя, ассоциированного с родом *Cephalotrichum*.

Материал и методы исследований

Изоляция и характеристика чистой культуры. Для оценки фитосанитарного состояния партии картофеля сорта Жуковский ранний, хранящегося в подвальном помещении при температуре 2–4°C в частном хозяйстве в Орловской области, были отобраны клубни, которые визуально обследовали снаружи и внутри на разрезе. Впоследствии фрагменты отобранных клубней с признаками поражения в виде локального потемнения мякоти помещали во влажную камеру. Выделение чистой культуры проводили методом предельных разведений. Для этого под стереомикроскопом Carl Zeiss Stemi 508 отбирали 1 коремню и помещали в микропробирку, содержащую 1 мл стерильной воды. Микропробирку тщательно перемешивали на микроцентрифуге – вортексе-901 (Циклотемп, Россия) для получения маточного раствора. Далее производили десятикратное разведение суспензии в воде. Процедуру повторяли до достижения концентрации 10^{-3} КОЕ/мл 25 мкл раствора переносили на среду Чапека с добавлением антибиотика Гентамицин (Дальхимфарм, Россия) в концентрации 1 г/л и равномерно распределяли шпателем Дригальского, инкубировали при температуре 20°C до прорастания отдельных единичных спор. Единичные споры переносили

на среду Чапека для дальнейшего культивирования. Описывали морфологические признаки изолятов гриба с использованием общепринятых сред Чапека, картофельно-глюкозного агара (КГА) и картофельно-морковного агара [20].

Морфологические особенности структур конидиального спороношения гриба были описаны с использованием светового микроскопа Carl Zeiss Primo Star. Принадлежность роду *Cephalotrichum* определяли при помощи определителя Вебстера [23] с последующей поправкой на новейшую систематику.

Выделение ДНК и молекулярно-генетическая характеристика. Один репрезентативный потенциальный изолят kolpna3 был выделен из пораженных клубней картофеля и очищен до единичных колоний при культивировании на среде Чапека при 20°C в течение 7 дней. Мицелий отмывали от среды дистиллированной водой и готовили для выделения ДНК. Общую геномную ДНК экстрагировали с помощью набора для извлечения ДНК «Цитосорб» (Синтол, Москва, Россия) в соответствии с протоколом производителя. Концентрацию ДНК измеряли на спектрофотометре NanoDrop OneC (Thermo Fisher Scientific; Уолтем, Массачусетс, США).

Реакцию ПЦР проводили с использованием универсальной пары праймеров с внутренним транскрибируемым спейсером (ITS) [24]. Была приготовлена реакционная смесь, содержащая 5X MasDDTaqMIX-2025 (Dialat, Москва, Россия) – 5 мкл; 10 мкМ каждого праймера – 1,5 мкл; 25 нг ДНК-мишени – 5 мкл; воду для ПЦР – 12 мкл. Конечный объем смеси составил 25 мкл.

Аmplification проводили в термоциклере T100 (Bio-Rad Laboratories, Калифорния, США). Условия ПЦР были следующими: предварительная денатурация при 96°C в течение 15 мин; денатурация при 95°C в течение 30 сек.; отжиг при 52°C в течение 30 сек.; элонгация при 72°C в течение 90 сек. 39 циклов; окончательная элонгация при 72°C в течение 6 мин. Визуализацию продуктов ПЦР проводили методом электрофореза в 1,5%-ном агарозном геле с бромистым этидием. Секвенирование ампликона проводили на базе ООО «Синтол» (Москва, Россия). Сборку и анализ последовательностей, полученных в результате секвенирования, проводили с использованием BioEdit v. 7.2.

Эволюционная история была выведена методом минимальной эволюции [25]. Показано оптимальное филогенетическое дерево. Процент повторяющихся деревьев, в которых связанные таксоны сгруппированы вместе в тесте начальной загрузки (500 повторов), показан рядом с ветвями [26]. Эволюционные расстояния были вычислены с использованием метода максимального составного правдоподобия [27] и выражены как количество замен оснований на сайт.

Поиск в дереве ME производился с использованием алгоритма обмена близкими соседями (CNI) [28] на уровне поиска 1. Алгоритм соединения соседей [29] был использован для создания исходного дерева. Этот анализ включал в себя 19 нуклеотидных последовательностей. Включенные позиции кодонов были следующими: 1-й + 2-й + 3-й + не кодирующий. Все неоднозначные позиции были удалены для каждой пары последовательностей (с использованием опции попарного удаления). Эволюционный анализ был проведен в MEGA 11, а филогенетическое дерево отобрано в iTOL v5 [30].

Проверка патогенности. Патогенность выделенного гриба была проверена в соответствии с традиционной методикой путем инокуляции [31] отдельных листьев и ломтиков клубня картофеля сорта Жуковский ранний. Для этого растения картофеля предварительно выращивали до фазы S1, повреждали стерильной иглой и наносили на рану 50 мкл суспензии конидий с концентрацией 10⁵ конидий/мл. Суспензию конидий готовили следующим образом: из 2-недельной колонии гриба отбирали 5 коремий и переносили в стерильную микропробирку, содержащую 1 мл дистиллированной воды.

Суспензию перемешивали на микроцентрифуге-встряхивателе «Циклотемп-901», фильтровали через марлю для удаления коремий и определяли концентрацию конидий в гемоцитометре. Растения в контрольном варианте также подвергали ранениям, но вместо суспензии конидий наносили 50 мкл стерильной воды.

После инокуляции растения накрывали полиэтиленовым пакетом и содержали при температуре $22 \pm 2^\circ\text{C}$ с относительной влажностью от 95 до 100% и световом дне 16 ч. Через 7 сут. наблюдали симптомы. Для подтверждения постулатов Коха проводили повторное выделение в чистую культуру *S. asperulum* с инокулированных частей растения, затем проводили морфологическое сравнение микроструктур с исходным изолятом.

Для инокуляции клубней их очищали от кожуры, нарезали на ломтики толщиной 10 мм, которые затем стерилизовали в 70%-ном этиловом спирте, и асептически высушивали в течение 5 мин на бумажном фильтре в чашках Петри. Далее в условиях ламинарного бокса перемещали одну коремию с 2-недельной культуры изолята, выращенной на среде Чапека, на середину ломтика картофеля, накрывали чашку крышкой и инкубировали при 22°C без доступа света, периодически смачивая фильтровальную бумагу стерильной водой. В экспериментах использовали по 5 листьев в двух повторениях и по 4 ломтика клубней картофеля в четырех повторениях.

Вирулентность и агрессивность изолята также были проверены на четырех распространенных в России отечественных и зарубежных сортах картофеля: Королева Анна, Жуковский ранний, Ред Леди и Невский. Подготовка ломтиков и заражение инокулятом были аналогичны вышеупомянутой методике. Повторяли опыт в четырех повторностях по 4 ломтика в каждом. Статистическую обработку анализируемых данных проводили методом дисперсионного анализа в программе Statistica 12.0 (StatSoft, TIBCO, Palo Alto, CA, USA), сравнивая средние значения по критерию Дункана. Процентные данные были преобразованы в арксинусы перед обработкой. Графики были созданы с помощью GraphPad Prism 9.2.0

Выделение и характеристика чистой культуры. Исследования в данном направлении были начаты после обнаружения в партии хранящегося картофеля в хранилище в Орловской области клубней с потемнением мякоти внутри неизвестной этиологии (рис. 1А). Анализируемый картофель был собран в Колпнянском районе Орловской области (52.22°N , 37.00°E) в 2021 г.

После инкубации фрагментов пораженной ткани во влажной камере на поверхности отмирающей потемневшей ткани визуально обнаружили структуры грибов, которые впоследствии были определены как конидиальное спороношение грибов – коремии (рис. 1В).

Первоначально изолят культивировали на трех питательных средах: Чапека, КМА и КГА (рис. 1С-1Е). Колонии на среде Чапека (рис. 1С) образовывались пушистые концентрические с неровными краями от светло-серого в центре до темно-коричневого к периферии, характеризовались образованием коремий и относительно медленным ростом мицелия.

На КМА (рис. 1D) и КГА (рис. 1Е) колонии были плотные порошковидные с неровными краями, от светло-серой до темно-серой окраски, впоследствии приобретали более темный и насыщенный цвет. Было отмечено, что коремии образуются только при высыхании среды.

Морфологическое описание структур изолята провели с использованием светового микроскопа (рис. 1F-1H). Гифы мицелия членистые, шириной $2,17\text{--}2,96 \mu\text{m}$, перегородки четкие.

Конидии одноклеточные, овальные, овально-вытянутые и суженные с одного конца, реже шаровидные, бесцветные, в массе дымчато-серые, в длину $4,39\text{--}4,46 \mu\text{m}$, в ширину $3,02\text{--}3,05 \mu\text{m}$; фиалиды на концах конидиеносцев вытянуто-изогнутые

длиной 3,01–3,12 μm , шириной 2,12–2,14 μm . Тип конидиогенеза – бластический. Конидиеносцы неветвящиеся, длиной до 2830 μm (на КГА), собраны в пучки (коремии) шириной 42,0–42,3 μm . Структуры сумчатого спороношения не обнаружены.

По строению конидиеносцев и конидий полученный изолят гриба был идентифицирован как представитель рода *Cephalotrichum*. Наши данные о морфологии микроструктур выявленного гриба данного рода незначительно отличаются от описанных на культуре картофеля в Иране [32].

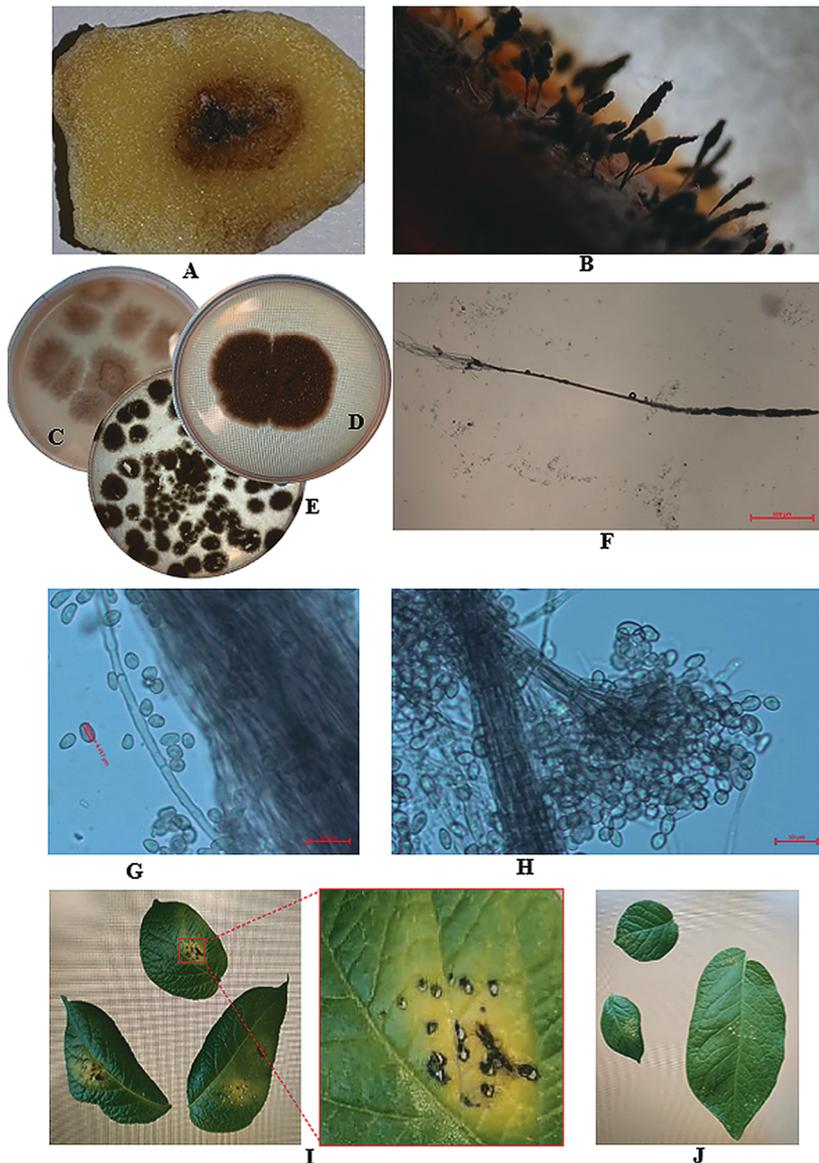


Рис. 1. Морфологические, культуральные и патогенные свойства изолята *C. asperulum* kolpaz. Симптомы поражения на клубне картофеля Жуковский ранний (первичное обнаружение) (А). Коремии на срезе картофеля (В). Колонии через 14 дней культивирования при 20°С на средах Чапека (С), КМА (D) и КГА (E). Морфологическое строение микроструктур *C. asperulum* (F), (G), (H). Симптомы на листьях картофеля Жуковский ранний через 7 дней после инокуляции *C. asperulum* (I) и стерильной водой (J) методом раневой инокуляции конидиальной суспензией

Проверка патогенности. Через 3 сут. после инокуляции листьев наблюдали типичный локальный хлороз и черно-коричневые некрозы в месте укола иглой листьев картофеля, в то время как контрольные листья оставались бессимптомными (рис. 1I, 1J). Симптомы появились на всех органах, зараженных конидиями, на листьях и клубнях картофеля. Патоген был повторно выделен в чистую культуру из пораженных участков инокулированных органов растений и проверен при помощи выделения чистой культуры и секвенирования по вышеуказанной методике.

Изолят при инокуляции единичной коремией ломтиков картофеля также показал патогенность, которая проявлялась в виде некрозов бурого цвета, диаметр которых достигал 47 мм (рис. 2).

Проверка агрессивности изолята по отношению к ломтикам разных сортов картофеля показала, что сорта отличаются друг от друга по интенсивности поражения. Таким образом, диаметр некроза был максимальным у сорта Ред Леди (в среднем 47 мм), тогда как у сорта Королева Анна он достигал всего 34 мм (рис. 3).

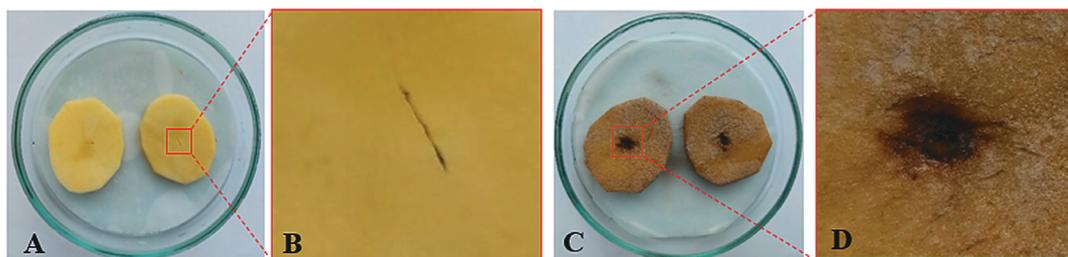


Рис. 2. Проверка патогенности изолята колрпа3 *C. asperulum* на ломтиках картофеля с. Жуковский ранний. Коремия на ломтике в 0 день (сразу после инокуляции) (А, В).

Некрозы через 7 дней после инокуляции единичной коремией (С, D). Чашки с ломтиками содержались во влажной камере без доступа света с температурой 22°C на увлажненной фильтровальной бумаге

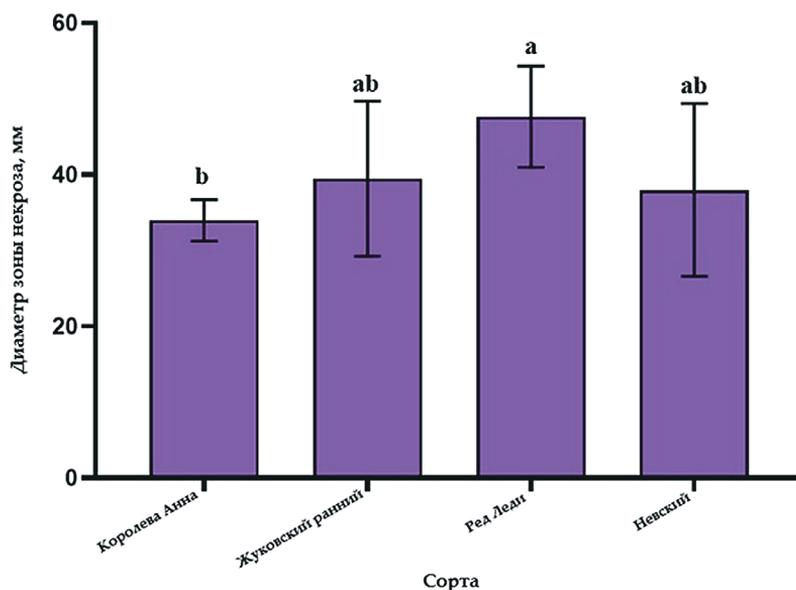


Рис. 3. Диаметр зоны некроза на ломтиках картофеля разных сортов через 7 дней после инокуляции одной коремией изолята колрпа3 *C. asperulum*.

Значения в столбцах показывают среднее значение соответствия четырех независимых повторностей, а столбцы ошибок представляют стандартное отклонение

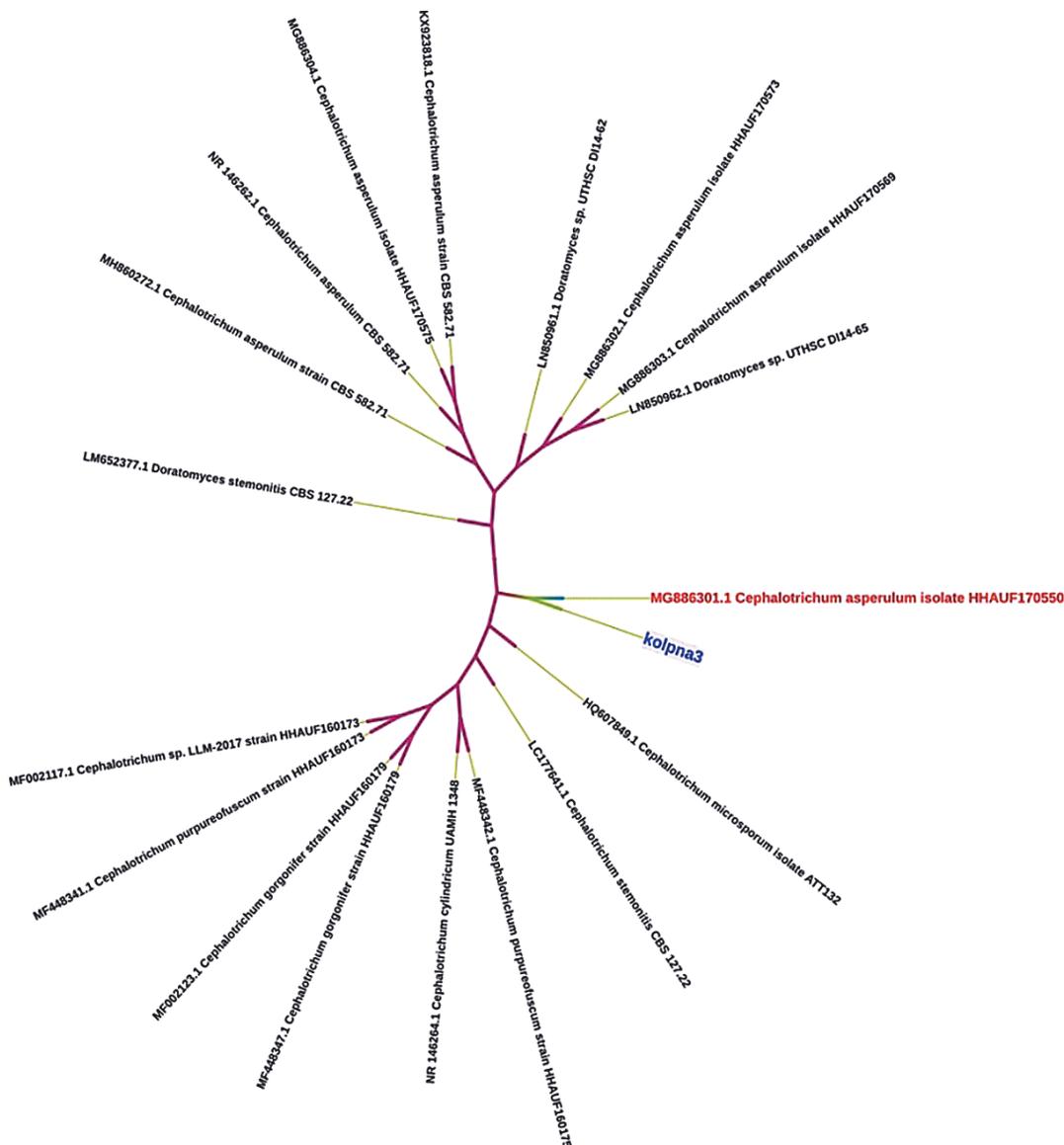


Рис. 4. Филогенетическое дерево, созданное с использованием последовательностей генов ITS из видов *Cephalotrichum*.

Идентифицированный штамм kolpna3 выделен синим цветом.

Эволюционный анализ проводился в MEGA 11, а изображение дерева создавали с использованием интерактивного дерева iTOL v5

Молекулярная идентификация. Уточняющую идентификацию изолята гриба провели методом ПЦР с использованием универсальной пары праймеров на ген внутреннего транскрибируемого спейсера (ITS) ITS1 /ITS4. Результаты секвенирования по Сэнгеру показали, что длина соответствующего продукта ПЦР для ITS гена составила 560 п.н.

Результаты поиска BLASTn показали, что последовательность ITS штамма kolpna3 была наиболее идентичной роду *Cephalotrichum*, виду *Cephalotrichum asperulum* (MG886301.1) с идентичностью генома 99,33%. Филогенетическое дерево, построенное на основе последовательностей генов ITS (рис. 3), показало,

что штамм колрпа3 наиболее близок к изоляту *C. asperulum* HNAUF170550. Полученная последовательность была депонирована в GenBank (регистрационный № ON364353).

Таким образом, выделенный гриб, вызывающий при искусственном заражении локальные некрозы и хлоротичные участки на листьях, а также при естественном и искусственном заражении некрозы в мякоти клубней картофеля, был идентифицирован как *C. asperulum* (Wright et Marchand) Sandoval-Denis et al.

Результаты и их обсуждение

Эндوفитные грибы помогают растениям противостоять как биотическим, так и абиотическим стрессам благодаря их способности регулировать иммунный ответ на взаимодействие растений и микробов и стимулировать выработку метаболитов. При этом не все эндوفитные грибы являются полезными [33].

Эндوفитов принято подразделять на 2 большие группы, в первую из которых входят виды грибов-полифагов, а во вторую, меньшую по численности, – специализированные виды грибов, колонизирующие однодольные растения. Грибы родов *Alternaria*, *Cladosporium*, *Phoma* и *Trichoderma* неоднократно отмечали в мировой науке как эндوفиты [11]. В соответствии с изученной нами научной литературы отмечено, что в последнее время участились случаи обнаружения перехода эндوفитов к паразитическому типу питания. Например, грибы рода *Trichoderma*, ранее известные своей антагонистической активностью и широко используемые в биологической защите растений, были зарегистрированы как фитопатогены на кукурузе (*Zea mays* L.). Данные немецких ученых показывают, что гриб *T. afroharzianum* способен снизить содержание сухого вещества на 27% [34]. Аналогичная ситуация для группы видов *Alternaria* описана Б. Томасом [35]. В частности, показано, что некоторые виды приобрели патогенные способности с увеличением биосинтеза меланина и фитотоксинов [36], которые помогают спорам преодолеть иммунитет растения и вызвать заболевание. Другим способом эволюции патогенеза, описанного Брейзером, является гибридизация между близкородственными, но ранее географически изолированными патогенами *Ophiostoma ulmi*, возбудителями голландской болезни вяза [37]. Теоретически этот процесс дает возможность быстрого появления новых или модифицированных патогенов через межвидовой генный поток и через межспецифический генный поток [38].

В ходе исследовательской работы нами были получены новые знания о том, что грибы-эндوفиты могут при определенных условиях частично или полностью переходить к паразитическому образу жизни, непосредственно нанося вред растению-хозяину, вызывая у него симптомы заболевания в условиях стресса. В исследованиях было доказано, что гриб-аскомицет рода *Cephalotrichum* вида *C. asperulum* (семейство Microascaceae, порядок Microascales), идентифицированный с помощью микробиологического и молекулярно-генетического методов диагностики, является новым неизученным патогеном картофеля (*Solanum tuberosum*), вызывающим локальный некроз клубней в период хранения.

При изучении погодных условий вегетационного периода 2021 г. было выявлено, что за первую и вторую декады августа сумма выпавших осадков составила 44% от средней месячной нормы, а температура воздуха поднималась до 34°C. Вероятно, именно эти условия послужили стрессом для растений картофеля, в результате чего был ослаблен неспецифический иммунитет.

Наши исследования можно сопоставить с результатами ученых из Ирана [32], которые сделали выводы о том, что *C. asperulum* и *C. tenuissimum* распространяются

в сухом и жарком климате. Ввиду сходства наших результатов можно предположить, что стресс, вызванный недостатком влаги и повышенными температурами воздуха, является отправной точкой для перехода гриба *C. asperulum* к паразитизму.

Выводы

Установленный факт патогенности изучаемого гриба рода *Cephalotrichum* показывает необходимость дальнейшего мониторинга, выяснения влияния абиотических факторов на переход его к паразитическому образ жизни, уточнения филогенетической специализации, оценки вредоносности болезни на разных сортах картофеля и разработки защитных мероприятий для уменьшения ущерба.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки России в рамках соглашения № 075–15–2022–317 от 20 апреля 2022 г. о предоставлении гранта в форме субсидий из федерального бюджета на осуществление государственной поддержки создания и развития научного центра мирового уровня «Агротехнологии будущего»

Библиографический список

1. FAOSTAT. Food Balance Sheet. Available online. – URL: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/FBS> (accessed: on 2 June 2022).
2. Voronina M.V., Lukianova A.A., Shneider M.M., Korzhenkov A.A., Toschakov S.V., Miroshnikov K.A., Vasiliev D.M. and Ignatov A.N. First Report of Pectobacterium Polaris Causing Soft Rot and Blackleg of Potato in Russia // Plant. – Dis. 2021. – № 105. – С. 6. <https://doi.org/10.1094/PDIS-09–20–1864-PDN>.
3. Voronina M.V., Kabanova A.P., Shneider M.M., Korzhenkov A.A., Toschakov S.V., Miroshnikov K.K., Miroshnikov K.A. and Ignatov A.N. First Report of Pectobacterium Carotovorum Subsp. Brasiliense Causing Blackleg and Stem Rot Disease of Potato in Russia // Plant Dis. – 2019. – № 103. – С. 2. <https://doi.org/10.1094/PDIS-03–18–0456-PDN>.
4. Ignatov A.N., Spechenkova N.A., Taliansky M. and Kornev K.P. First Report of Clavibacter michiganensis subsp. michiganensis Infecting Potato in Russia // Plant Dis. – 2019. – № 103 (1). <https://doi.org/10.1094/PDIS-04–18–0691-PDN>.
5. Belov G.L., Belosokhov A.F., Kutuzova I.A., Statsyuk N.V., Chudinova E.M., Alexandrova A.V., Kokaeva L.Y., Elansky S.N. Colletotrichum Coccodes in Potato and Tomato Leaves in Russia // J Plant Dis Prot. – 2018. – № 125. – Pp. 311–317. <https://doi.org/10.1007/s41348–017–0138–0>.
6. Chudinova E.M. and Elansky S.N. First report of Septotinia populiperda on potato tubers in Russia // J Plant Pathol. – 2021. – № 103. – P. 665. <http://dx.doi.org/10.1007/s42161–021–00751–2>.
7. Girsova N., Bottner K.D., Mozhaeva K.A., Kastalyeva T.B., Owens R.A. and Lee I. – M. Molecular Detection and Identification of Group 16SrI and 16Sr XII Phytoplasmas Associated with Diseased Potatoes in Russia // Plant Dis. – 2008. – № 92. – P. 4. <https://doi.org/10.1094/PDIS-92–4–0654A>.
8. Owens R.A., Girsova N.V., Kromina K.A., Lee I.M., Mozhaeva K.A. and Kastalyeva T.B. Russian Isolates of Potato spindle tuber viroid Exhibit Low Sequence Diversity // Plant Dis. – 2009. – 93. – 7. <https://doi.org/10.1094/PDIS-93–7–0752>.
9. Carroll G. Fungal Endophytes in Stems and Leaves: From Latent Pathogen to Mutualistic Symbiont // Ecology. – 1988. – № 69 (1). – Pp. 2–9. <https://doi.org/10.2307/1943154>.
10. Redman R.S., Freeman S., Clifton D.R., Morrel J., Brown G., Rodriguez R.J. Biochemical Analysis of Plant Protection Afforded by a Nonpathogenic

- Endophytic Mutant of *Colletotrichum Magna* // *Plant Physiol.* – 1999. – № 119. – Pp. 795–804. DOI:10.1104/pp.119.2.795.
11. *Tadych M., White J.* Endophytic Microbes // In Reference Module in Life Sciences. – 2019. – Pp. 123–136.
12. *Hardoim P.R., van Overbeek L.S., Berg G., Pirttilä A.M., Compant S., Campisano A., Döring M., Sessitsch A.* The Hidden World within Plants: Ecological and Evolutionary Considerations for Defining Functioning of Microbial Endophytes // *Microbiol Mol Biol Rev.* – 2015. – № 79. – Pp. 293–320. <https://doi.org/10.1128/MMBR.00050-14>.
13. *Bais H.P., Weir T.L., Perry L.G., Gilroy S., Vivanco J.M.* The Role of Root Exudates in Rhizosphere Interactions with Plants and Other Organisms // *Annu Rev Plant Biol.* – 2006. – № 57. – Pp. 233–266. – URL: DOI:10.1146/annurev.arplant.57.032905.105159.
14. *Clay K.* Defensive symbiosis: A microbial perspective // *Funct Ecol.* – 2014. – № 28 (2). – Pp. 293–298. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.12258>.
15. *Arnold A.E., Mejía L.C., Kyllö D., Rojas E.I., Maynard Z., Robbins N., Herre E.A.* Fungal endophytes limit pathogen damage in a tropical tree // *Proc Natl Acad Sci USA.* – 2003. – № 100. – Pp. 15649–15654. <https://doi.org/10.1073/pnas.2533483100>.
16. *Lata R., Chowdhury S., Gond S.K., White J.F.* Induction of abiotic stress tolerance in plants by endophytic microbes // *Lett Appl Microbiol.* – 2018. – № 66. – Pp. 268–276. <https://doi.org/10.1111/lam.12855>.
17. *Schulz B. and Boyle C.* The endophytic continuum // *Mycol Research.* – 2005. – 5109. – 6. – 661–686. <https://doi.org/10.1017/S095375620500273X>.
18. *Schulz B., Guske S., Dammann U., Boyle C.* Endophytehost interactions. II. Defining symbiosis of the endophyte host interaction // *Symbiosis.* – 1998. – № 25. – Pp. 213–227.
19. *Woudenberg J.H.C., Sandoval-Denis M., Houbraken J., Seifert K.A., Samson R.A.* *Cephalotrichum* and related synnematosous fungi with notes on species from the built environment // *Stud in Mycol.* – 2017. – № 88. – Pp. 137–159. <https://doi.org/10.1016/j.simyco.2017.09.001>.
20. *Domsch K.H., Gams W., Anderson T.H.* *Compendium of soil fungi*, 2nd Ed. IHW Verlag, Eching, Germany, 2007.
21. *Ghosa Y., Azizi R., Poursafar A.* New species of synnematosous fungi for Iran mycobiota // *J of Plant Research* 2020. – № 33. – Pp. 998–1009.
22. *Paripour Z., Davari M. and Asgari B.* A new record of *Cephalotrichum oligotrichum* for mycobiota of Iran and *Robinia pseudoacacia* as a new host for this fungus. Proceedings of 4th Iranian Mycological Congress, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University. – Iran, 2019
23. *Webster J., Weber R.* *Introduction to Fungi* (3rd ed.) Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2007.
24. *Kusaba M. and Tsuge T.* Phylogeny of *Alternaria* fungi known to produce host-specific toxins on the basis of variation in internal transcribed spacers of ribosomal DNA // *Curr Genet.* – 1995. – № 28. – Pp. 491–498.
25. *Rzhetsky A., Nei M.* A Simple Method for Estimating and Testing Minimum-Evolution Trees // *Mol. Biol. Evol.* – 1992. – № 9. – P. 945.
26. *Felsenstein J.* Confidence limits on phylogenies: an approach using the bootstrap // *Evolution.* – 1985. – № 39. – Pp. 783–791. <https://doi.org/10.1111/j.1558-5646.1985.tb00420.x>.
27. *Tamura K., Nei M., Kumar S.* Prospects for Inferring Very Large Phylogenies by Using the Neighbor-Joining Method // *Proc. Natl. Acad. Sci.* – USA. – 2004. – № 101. – Pp. 11030–11035. <https://doi.org/10.1073/pnas.0404206101>.
28. *Nei M. and Kumar S.* *Molecular Evolution and Phylogenetics*; Oxford University Press: Oxford, UK.

29. Saitou N. and Nei M. The Neighbor-Joining Method: A New Method for Reconstructing Phylogenetic Trees // *Mol. Biol. Evol.* – 1987. – № 4. – C. 406–425.
30. Letunic I. and Bork P. Interactive Tree Of Life (iTOL) v5: an online tool for phylogenetic tree display and annotation. *Nucleic Acids Res.* – 2021. – № 2 (49). – Pp. 293–296. <https://doi.org/10.1093/nar/gkab301>.
31. Zhang M., Sun X., Cui L., Yin Y., Zhao X., Pan S., Wang W. The Plant Infection Test: Spray and Wound-Mediated Inoculation with the Plant Pathogen Magnaporthe Grisea // *J Vis Exp.* – 2018. – № 138. – 57675. <https://dx.doi.org/10.3791/57675>.
32. Alijani N., Mamaghani A., Javan-Nikkhah M., De Respinis S., Pianta E. Endophytic *Cephalotrichum* spp. from *Solanum tuberosum* (potato) in Iran – a polyphasic analysis // *Sydowia.* – 2022. – № 74. – C. 287–302. <http://dx.doi.org/10.12905/0380.sydowia74-2022-0287>.
33. Lu H., Wei T., Lou H., Shu X., Chen Q. A Critical Review on Communication Mechanism within Plant-Endophytic Fungi Interactions to Cope with Biotic and Abiotic Stresses // *J Fungi.* – 2021. – № 7. – C. 719. <https://doi.org/10.3390/jof7090719>.
34. Pfordt A., Schiwiek S., Karlovsky P. and von Tiedemann A. Trichoderma Afroharzianum Ear Rot-A New Disease on Maize in Europe // *Front. Agron.* – 2020. – № 2. – 547758. <https://doi.org/10.3389/fagro.2020.547758>.
35. Thomma B.P.H.J. *Alternaria* Spp.: From General Saprophyte to Specific Parasite // *Mol Pl Path.* – 2003. – № 4 (4). – C. 225–236. <https://doi.org/10.1046/j.1364-3703.2003.00173.x>.
36. Meena M., Gupta S.K., Swapnil P., Zehra A., Dubey M.K., Upadhyay R.S. *Alternaria* Toxins: Potential Virulence Factors and Genes Related to Pathogenesis // *Front in Microbiol.* – 2017. – № 8. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.01451>.
37. Brasier C.M. Rapid Evolution of Introduced Plant Pathogens via Interspecific Hybridization: Hybridization Is Leading to Rapid Evolution of Dutch Elm Disease and Other Fungal Plant Pathogens // *BioScience.* – 2001. – № 51. – Pp. 123–133. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2001\)051\[0123:REOIPP\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2001)051[0123:REOIPP]2.0.CO;2).
38. Brasier C.M. Episodic selection as a force in fungal microevolution, with special reference to clonal speciation and hybrid introgression // *Canad J of Botany.* – 73. – Pp. 1213–1221. <https://doi.org/10.1139/b95-381>.

FIRST REPORT ON *CEPHALOTRICHUM ASPERULUM* AS A POTATO PATHOGEN IN RUSSIA

I.V. TUCHKOV, R.I. TARAKANOV, O.O. BELOSHAPKINA, F.S. – U. DZHALILOV

(Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy)

*During the phytosanitary inspection of a lot of stored potatoes of cv. Zhukovskiy ranni in the Orel region of Russia, tubers showed signs of lesions in the form of local darkening of the flesh without apparent softening and fungal structures on the surface (coremia). A pure culture of the pathogen was isolated and the morphological characteristics of the conidial sporulation structures in the extracted isolate were described; the average sizes of vegetative mycelium, conidia, conidiophores and coremia were given. Pathogenicity testing of the isolate on leaves and tuber discs showed symptoms in the form of localised chlorosis and necrosis. Subsequent identification of the isolate by PCR and sequencing showed that the isolate analysed was most closely related to the species *Cephalotrichum asperulum* of the genus *Cephalotrichum*. The resulting sequence was deposited in GenBank (accession number ON364353). Although these fungi are described in the literature as endophytic, this study emphasises their parasitic effect on the potato plant with*

certain semeiologies. This is probably the first report of *C. asperulum* causing local necrosis of potato leaves and tubers during storage in Russia.

Key words: *Cephalotrichum*, fungi, pathogen of potato, endophyte, the first detection, artificial infection.

References

1. FAOSTAT. Food Balance Sheet. Available online: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/FBS> (Access date: 02.06.2022).
2. Voronina M.V., Lukianova A.A., Shneider M.M., Korzhenkov A.A., Toschakov S.V., Miroshnikov K.A., Vasiliev D.M. and Ignatov A.N. First Report of *Pectobacterium Polaris* Causing Soft Rot and Blackleg of Potato in Russia. *Plant Dis.* 2021; 105; 6. <https://doi.org/10.1094/PDIS-09-20-1864-PDN>
3. Voronina M.V., Kabanova A.P., Shneider M.M., Korzhenkov A.A., Toschakov S.V., Miroshnikov K.K., Miroshnikov K.A. and Ignatov A.N. First Report of *Pectobacterium Carotovorum* Subsp. *Brasilense* Causing Blackleg and Stem Rot Disease of Potato in Russia. *Plant Dis.* 2019; 103; 2. <https://doi.org/10.1094/PDIS-03-18-0456-PDN>
4. Ignatov A.N., Spechenkova N.A., Taliansky M. and Kornev K.P. First Report of *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* Infecting Potato in Russia. *Plant Dis.* 2019; 103; 1. <https://doi.org/10.1094/PDIS-04-18-0691-PDN>
5. Belov G.L.; Belosokhov A.F., Kutuzova I.A., Statsyuk N.V., Chudinova E.M., Alexandrova A.V., Kokaeva L.Y., Elansky S.N. *Colletotrichum Coccodes* in Potato and Tomato Leaves in Russia. *J Plant Dis Prot.* 2018; 125: 311–317. <https://doi.org/10.1007/s41348-017-0138-0>
6. Chudinova E.M. and Elansky S.N. First report of *Septotinia populi-perda* on potato tubers in Russia. *J Plant Pathol.* 2021; 103; 665. <http://dx.doi.org/10.1007/s42161-021-00751-2>
7. Girsova N., Bottner K.D., Mozhaeva K.A., Kastalyeva T.B., Owens R.A. and Lee I. – M. Molecular Detection and Identification of Group 16SrI and 16SrXII Phytoplasmas Associated with Diseased Potatoes in Russia. *Plant Dis.* 2008; 92; 4. <https://doi.org/10.1094/PDIS-92-4-0654A>
8. Owens R.A., Girsova N.V., Kromina K.A., Lee I.M., Mozhaeva K.A. and Kastalyeva T.B. Russian Isolates of Potato spindle tuber viroid Exhibit Low Sequence Diversity. *Plant Dis.* 2009; 93; 7. <https://doi.org/10.1094/PDIS-93-7-0752>
9. Carroll G. Fungal Endophytes in Stems and Leaves: From Latent Pathogen to Mutualistic Symbiont. *Ecology.* 1988; 69;1: 2–9. <https://doi.org/10.2307/1943154>
10. Redman R.S., Freeman S., Clifton D.R., Morrel J., Brown G., Rodriguez R.J. Biochemical Analysis of Plant Protection Afforded by a Nonpathogenic Endophytic Mutant of *Colletotrichum Magna*. *Plant Physiol.* 1999; 119: 795–804, doi:10.1104/pp.119.2.795
11. Tadych M., White J. Endophytic Microbes. In Reference Module in Life Sciences. 2019: 123–136. ISBN978-0-12-811737-8
12. Hardoim P.R., van Overbeek L.S., Berg G., Pirttilä A.M., Compant S., Campisano A., Döring M., Sessitsch A. The Hidden World within Plants: Ecological and Evolutionary Considerations for Defining Functioning of Microbial Endophytes. *Microbiol Mol Biol Rev.* 2015; 79: 293–320. <https://doi.org/10.1128/MMBR.00050-14>
13. Bais H.P., Weir T.L., Perry L.G., Gilroy S., Vivanco J.M. The Role of Root Exudates in Rhizosphere Interactions with Plants and Other Organisms. *Annu Rev Plant Biol.* 2006; 57: 233–266. DOI:10.1146/annurev.arplant.57.032905.105159
14. Clay K. Defensive symbiosis: A microbial perspective. *Funct Ecol.* 2014; 28; 2: 293–298. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.12258>

15. Arnold A.E., Mejía L.C., Kyllö D., Rojas E.I., Maynard Z., Robbins N., Herre E.A. Fungal endophytes limit pathogen damage in a tropical tree. *Proc Natl Acad Sci USA*. 2003; 100: 15649–15654. <https://doi.org/10.1073/pnas.2533483100>
16. Lata R., Chowdhury S., Gond S.K., White J.F. Induction of abiotic stress tolerance in plants by endophytic microbes. *Lett Appl Microbiol*. 2018; 66: 268–276. <https://doi.org/10.1111/lam.12855>
17. Schulz B. and Boyle C. The endophytic continuum. *Mycol Research*. 2005; 5109; 6: 661–686. <https://doi.org/10.1017/S095375620500273X>
18. Schulz B., Guske S., Dammann U., Boyle C. Endophytehost interactions. II. Defining symbiosis of the endophyte host interaction. *Symbiosis*. 1998; 25: 213–227.
19. Woudenberg J.H.C., Sandoval-Denis M., Houbraken J., Seifert K.A., Samson R.A. *Cephalotrichum* and related synnematosous fungi with notes on species from the built environment. *Stud in Mycol*. 2017; 88: 137–159. <https://doi.org/10.1016/j.simyco.2017.09.001>
20. Domsch K.H., Gams W., Anderson T.H. *Compendium of soil fungi*, 2nd Ed. IHW Verlag, Eching, Germany, 2007.
21. Ghosta Y., Azizi R., Poursafar A. New species of synnematosous fungi for Iran mycobiota. *J of Plant Research*. 2020; 33: 998–1009.
22. Paripour Z., Davari M. and Asgari B. A new record of *Cephalotrichum olighotriphicum* for mycobiota of Iran and *Robinia pseudoacacia* as a new host for this fungus. *Proceedings of 4th Iranian Mycological Congress, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Iran, 2019*.
23. Webster J., Weber R. *Introduction to Fungi* (3rd ed.). Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2007.
24. Kusaba M. and Tsuge T. Phylogeny of *Alternaria* fungi known to produce host-specific toxins on the basis of variation in internal transcribed spacers of ribosomal DNA. *Curr Genet*. 1995; 28: 491–498.
25. Rzhetsky A., Nei M. A Simple Method for Estimating and Testing Minimum-Evolution Trees. *Mol. Biol. Evol*. 1992; 9: 945.
26. Felsenstein J. Confidence limits on phylogenies: an approach using the bootstrap. *Evolution*. 1985; 39: 783–791. <https://doi.org/10.1111/j.1558-5646.1985.tb00420.x>
27. Tamura K., Nei M., Kumar S. Prospects for Inferring Very Large Phylogenies by Using the Neighbor-Joining Method. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. 2004; 101: 11030–11035. <https://doi.org/10.1073/pnas.0404206101>
28. Nei M. and Kumar S. *Molecular Evolution and Phylogenetics*; Oxford University Press: Oxford, UK. ISBN0–19–513584–9, 2000.
29. Saitou N. and Nei M. The Neighbor-Joining Method: A New Method for Reconstructing Phylogenetic Trees. *Mol. Biol. Evol*. 1987; 4: 406–425.
30. Letunic I. and Bork P. Interactive Tree of Life (iTOL) v5: an online tool for phylogenetic tree display and annotation. *Nucleic Acids Res*. 2021; 2; 49: 293–296. <https://doi.org/10.1093/nar/gkab301>
31. Zhang M., Sun X., Cui L., Yin Y., Zhao X., Pan S., Wang W. The Plant Infection Test: Spray and Wound-Mediated Inoculation with the Plant Pathogen *Magnaporthe Grisea*. *J Vis Exp*. 2018; 138; 57675. <https://dx.doi.org/10.3791/57675>
32. Alijani N., Mamaghani A., Javan-Nikkhah M., De Respinis S., Pianta E. Endophytic *Cephalotrichum* spp. from *Solanum tuberosum* (potato) in Iran – a polyphasic analysis. *Sydowia*. 2022; 74: 287–302. <http://dx.doi.org/10.12905/0380.sydowia74-2022-0287>
33. Lu H., Wei T., Lou H., Shu X., Chen Q. A Critical Review on Communication Mechanism within Plant-Endophytic Fungi Interactions to Cope with Biotic and Abiotic Stresses. *J Fungi*. 2021; 7; 719. <https://doi.org/10.3390/jof7090719>

34. *Pfordt A., Schiwek S., Karlovsky P. and von Tiedemann A.* Trichoderma Afroharzianum Ear Rot—A New Disease on Maize in Europe. *Front. Agron.* 2020; 2; 547758. <https://doi.org/10.3389/fagro.2020.547758>

35. *Thomma B.P.H.J.* Alternaria Spp.: From General Saprophyte to Specific Parasite. *Mol Pl Path.* 2003; 4; 4: 225–236 <https://doi.org/10.1046/j.1364-3703.2003.00173.x>

36. *Meena M., Gupta S.K., Swapnil P., Zehra A., Dubey M.K., Upadhyay R.S.* Alternaria Toxins: Potential Virulence Factors and Genes Related to Pathogenesis. *Front in Microbiol.* 2017; 8. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.01451>

37. *Brasier C.M.* Rapid Evolution of Introduced Plant Pathogens via Interspecific Hybridization: Hybridization Is Leading to Rapid Evolution of Dutch Elm Disease and Other Fungal Plant Pathogens. *BioScience.* 2001; 51: 123–133. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2001\)051\[0123:REOIPP\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2001)051[0123:REOIPP]2.0.CO;2)

38. *Brasier C.M.* Episodic selection as a force in fungal microevolution, with special reference to clonal speciation and hybrid introgression. *Canad J of Botany.* 1995; 73: 1213–1221. <https://doi.org/10.1139/b95-381>

Тучков Иван Валерьевич, студент бакалавриата кафедры защиты растений ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: tuchkov_2002@mail.ru

Тараканов Рашит Ислямович, аспирант кафедры защиты растений ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: tarakanov.rashit@mail.ru

Белешапкина Ольга Олеговна, д-р с.-х. наук, профессор, профессор кафедры защиты растений ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: beloshapkina58@mail.ru

Джалилов Февзи Сеид-Умерович, д-р биол. наук, профессор, заведующий кафедрой защиты растений ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: dzhililov@rgau-msha.ru

Ivan V. Tuchkov, BSc student, Department of Plant Protection, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49, Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russian Federation; E-mail: tuchkov_2002@mail.ru)

Rashit I. Tarakanov, post-graduate student, Department of Plant Protection, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49, Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russian Federation; E-mail: tarakanov.rashit@mail.ru)

Olga O. Beloshapkina, DSc (Ag), Professor, Department of Plant Protection, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49, Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russian Federation; E-mail: beloshapkina58@mail.ru)

Fevzi S.-U. Dzhililov, DSc (Bio), Professor, Head of Department of Plant Protection, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49, Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russian Federation; E-mail: dzhililov@rgau-msha.ru)

ОСНОВНЫЕ ЛЕКАРСТВЕННЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОШЕК И СОБАК В РОССИЙСКОЙ ВЕТЕРИНАРНОЙ ПРАКТИКЕ

С.В. АКЧУРИН, Г.П. ДЮЛЬГЕР, И.В. АКЧУРИНА,
В.С. БЫЧКОВ, Е.С. СЕДЛЕЦКАЯ

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

В России, как и в других странах мира, наблюдается тенденция увеличения числа животных-компаньонов. Следовательно, повышается и спрос на ветеринарные услуги, который приводит к появлению на рынке новых видов услуг и товаров, в том числе лекарственных средств. Количество лекарственных препаратов, применяемых в терапии мелких домашних животных, исчисляется тысячами. Однако не все лекарственные средства находят широкое применение в ветеринарной практике. Для определения наиболее важных лекарств в ветеринарии Всемирной ассоциацией ветеринарных врачей мелких животных (WSAVA) по аналогии с подходом Всемирной организации здравоохранения введена практика определения основных лекарственных средств. Это позволяет ветеринарным врачам путем самообразования оптимальным путем достичь экспертного уровня в вопросе фармакотерапии наиболее частых и важных заболеваний собак и кошек, способствует в осуществлении надзорными органами мониторинга обеспечения ветеринарной отрасли необходимыми лекарственными средствами, в том числе в реализации работы по импортозамещению, в противодействии росту объемов торговли на нелегальном/контрафактном рынке фармацевтических продуктов, помогает руководителям ветеринарных клиник в формировании списка лекарственных средств, которые должны быть в наличии, способствует повышению качества подготовки ветеринарных специалистов, в первую очередь – благодаря улучшению качества преподавания дисциплины «Ветеринарная фармакология». В рамках проведенных исследований с привлечением экспертов-представителей ветеринарной отрасли были сформированы два перечня: основных и дополнительных лекарственных средств для кошек и собак, применяемых в российской ветеринарной практике. Списки состоят из разделов, отражающих наиболее важные направления ветеринарной фармакотерапии.

Ключевые слова: лекарства, ветеринария, фармакология, терапия, Россия, кошки, собаки, животные-компаньоны

Введение

Животные-компаньоны играют важную роль в жизни современного человека. По данным ассоциации «Health for Animals», в мире, вероятно, насчитывается более миллиарда домашних животных, в том числе в США, Европейском Союзе и Китае их более 500 млн [9]. При этом в последние годы фиксировался рост их популяции, в том числе в России [4, 9, 10].

Эксперты указывают на несколько основных факторов, способствующих данной тенденции [9]:

- демографические изменения, когда речь идет о новом поколении владельцев домашних животных, обладающих рядом характеристик: дети у них появляются в более позднем возрасте, работают они дома или в гибридном формате, имеют более высокий доход и уровень образования;

- рост уровня доходов населения;
- пандемия Covid-19.

Увеличение численности домашних животных приводит к росту потребности населения в оказании квалифицированной ветеринарной помощи и востребованности профессии «Ветеринарный врач» [3].

Основой терапевтических методов в ветеринарной медицине является фармакотерапия. По состоянию на январь 2023 г. в Российском государственном реестре лекарственных средств для ветеринарного применения (galen.vetrif.ru) зарегистрировано 2184 лекарственных средства [5]. В то же время известно, что в ветеринарной практике широко применяются фармпрепараты, предназначенные для гуманной медицины. Таким образом, количество лекарственных препаратов в ветеринарной практике может достигать 4–5 тыс. наименований.

Ветеринарному врачу для оказания квалифицированной ветеринарной помощи необходимо обладать широким арсеналом знаний в области фармакологии, в том числе актуальной информацией по каждому применяемому лекарственному препарату: название лекарственного препарата и действующего вещества, фармако-терапевтическая группа препарата, промышленно выпускаемые лекарственные формы, механизм действия, показания и противопоказания, побочные действия, лекарственное взаимодействие, режим дозирования, особые указания по применению, доступные аналоги. Совокупность этих данных представляет собой колоссальный объем информации, которой необходимо оперировать ветеринарному врачу только в рамках назначаемой фармакотерапии, не говоря о вопросах патогенеза и диагностики заболеваний.

Данное обстоятельство, по нашему мнению, с одной стороны, является одной из возможных причин движения ветеринарной медицины в сторону более узкой специализации. Именно поэтому многими представителями ветеринарного бизнес-сообщества и руководителями образовательных организаций выдвигается идея введения ординатуры в высшее ветеринарное образование, и эта идея находит поддержку в среде обучающихся [2]. С другой стороны, большой объем специализированной информации способствует разработке специализированного программного обеспечения, помогающего в выборе оптимального лекарственного препарата, и в целом – расширению использования цифровых технологий в ветеринарной практике [1].

Вместе с тем очевидно, что ветеринарные врачи в своей практике не используют всего множества зарегистрированных лекарственных препаратов, а ориентируются на ограниченный перечень, сформированный в ходе собственной практической деятельности. Именно поэтому важной следует считать работу по разработке и поддержанию в актуальном состоянии перечня основных лекарственных средств для фармакотерапии кошек и собак.

Под основными лекарственными средствами следует понимать лекарственные средства, которые обеспечивают потребности, возникающие при оказании первостепенной помощи и поддержании благополучия кошек и собак на должном уровне. Данное определение предложено Всемирной ассоциацией ветеринарных врачей мелких животных (WSAVA) по аналогии с перечнем основных лекарственных средств гуманной медицины Всемирной организации здравоохранения [6, 15].

Подход с составлением перечня основных лекарственных средств для кошек и собак имеет ряд сильных сторон, а именно:

- позволяет ветеринарным врачам путем самообразования оптимальным путем достичь экспертного уровня в вопросе фармакотерапии наиболее частых и важных заболеваний собак и кошек;
- способствует надзорным органам в осуществлении мониторинга обеспечения ветеринарной отрасли необходимыми лекарственными средствами, в том числе в проведении работы по импортозамещению, противодействию росту объемов торговли на нелегальном/контрафактном рынке фармацевтических продуктов;
- оказывает содействие руководителям научных организаций и фармацевтических компаний в выборе направлений научных исследований;
- помогает руководителям ветеринарных клиник в формировании списка лекарственных средств, которые должны быть в наличии;
- способствует повышению качества подготовки ветеринарных специалистов, в первую очередь – благодаря улучшению качества преподавания дисциплины «Ветеринарная фармакология». Ветеринарная фармакология в силу естественных причин, связанных с большим объемом и динамичностью новой информации, относится к числу наиболее сложных для изучения дисциплин, и студенты бывают ошеломлены огромным количеством лекарств. С данной ситуацией сталкиваются студенты как медицинских, так и ветеринарных специальностей. Именно поэтому экспертами в области образования было предложено в преподавании фармакологии студентам-медикам в Европе [13] и ветеринарным врачам в Австралии [12] использовать систему, основанную на концепции Всемирной организации здравоохранения, – «Список основных лекарств». Данный список должен помочь обучающимся правильно расставлять приоритеты, причем количество включенных в него лекарств должно составлять 80–100 наименований.

В литературе представлено несколько следующих вариантов перечня основных лекарственных средств для ветеринарной практики:

- Перечень основных лекарственных средств для кошек и собак, разработанный Всемирной ассоциацией ветеринарных врачей мелких животных (WSAVA) и представленный в 2020 г. [6].
- Список ветеринарных препаратов, представленный на сайте «Wikipedia.org» [11].
- Список «Лекарства вашего питомца», предложенный Американской ветеринарной медицинской ассоциацией [16].
- Список «Часто используемые лекарства», подготовленный компанией «VetTechPrep» [14].

Указанные списки разработаны для англоязычной аудитории и в неполной мере отражают специфику российского рынка ветеринарных услуг. В доступной литературе не был обнаружен перечень основных лекарственных средств для кошек и собак, используемых в российской ветеринарной практике.

Цель исследований: составление перечней основных и дополнительных лекарственных средств, применяемых в российской практике, для оказания первостепенной помощи и поддержания благополучия кошек и собак (далее – Основной и дополнительный перечень соответственно).

Для реализации цели были поставлены такие задачи, как:

1. Разработка анкеты для проведения социологического опроса ветеринарных врачей, специализирующихся на терапии кошек и собак.
2. Проведение анкетирования ветеринарных врачей.
3. Формирование перечней основных и дополнительных лекарственных средств для кошек и собак, применяемых в российской ветеринарной практике.

Материал и методы исследований

Исследования по формированию перечней основных и дополнительных лекарственных средств проводились в несколько этапов.

На первом этапе была разработана анкета, содержащая следующую информацию.

1. Сведения о респондентах:

- специфика работы (ветеринарный врач общей практики, ветеринарный врач со специализацией, ветеринарный врач со специализацией/лектор курсов повышения квалификации);
- стаж работы ветеринарным врачом в рамках специализации;
- наименования групп лекарственных средств, по которым респондент является экспертом.

2. Список лекарственных средств, разработанный на основе Перечня основных лекарственных средств для кошек и собак WSAVA [6]. В анкету были внесены наименования лекарственных средств, зарегистрированных в Российской Федерации. Лекарственные средства были распределены на группы двух типов, сформированных по наименованию:

А. Систем организма животного: эндокринная, пищеварительная и др.

Б. Клинико-фармакологических групп: антибактериальные, противовирусные и др.

В анкету был добавлен раздел по лекарственным средствам для эвтаназии животных. Кроме того, для респондентов были предусмотрены разделы, в которые они могли внести наименования применяемых вакцин для собак и кошек, а также предложения по дополнению перечня основных лекарственных средств.

Все представленные в анкете лекарственные средства были распределены на 15 групп.

У респондента «Для каждого лекарственного средства была возможность выбрать один из вариантов ответа: основной список; дополнительный список; «Не используется».

Для включения в основной список лекарственное средство должно было соответствовать следующим характеристикам: эффективные, безопасные и экономически эффективные лекарственные средства, применяемые в терапии наиболее актуальных заболеваний.

В дополнительный список предлагалось включать лекарственные средства, применяемые для лечения наиболее актуальных заболеваний, но являющиеся препаратами второго выбора или те, для применения которых требуется специальное обучение специалистов.

Анкета была размещена на платформе Google forms.

На втором этапе был составлен список респондентов, осуществлено отправление ссылки на анкету посредством электронной почты. Список респондентов включал в себя 75 чел. и был представлен ветеринарными врачами, являющимися лекторами курсов повышения квалификации. Поиск экспертов осуществлялся посредством поисковой системы «Яндекс». В число респондентов были также включены эксперты, имеющие опыт работы по специальности от трех лет и специализирующиеся в применении указанных в анкете фармакологических препаратов.

На третьем этапе осуществлялась обработка анкет, которая включала в себя:

1. Распределение лекарственных средств на списки (основной, дополнительный, «Не используются»). В рамках данной работы учитывались результаты голосования респондентов, а также требования приказа Минсельхоза России от 18 ноября 2021 г. № 771, регулирующего использование антимикробных препаратов в ветеринарии [7].

В частности, были исключены противомикробные препараты, находящиеся под запретом в соответствии с приказом, а наименования препаратов, применение которых допустимо лишь при отсутствии эффективности лечения другими антибиотиками, отнесены в группу «Дополнительный список».

2. Рассмотрение предложений по внесению корректив в списки. Для достижения этой цели все предложения были обобщены, обсуждены рабочей группой авторов публикации и направлены для согласования ветеринарным врачам-экспертам в области соответствующих групп препаратов.

На четвертом этапе были сформированы перечни основных и дополнительных лекарственных средств для кошек и собак, применяемых в рамках основных направлений ветеринарной практики (анестезиология, дерматология, репродуктология и т.д.), с подразделением на основной и дополнительный перечни и указанием клинко-фармакологических групп лекарств в соответствии с Рекомендуемым классификатором клинко-фармакологических групп лекарственных средств для ветеринарного применения [8].

Результаты и их обсуждение

В анкетировании приняли участие 44 респондента, из них:

33 чел. (75%) – ветеринарные врачи со специализацией/лекторы курсов повышения квалификации;

8 чел. (18,2%) – ветеринарные врачи со специализацией;

3 чел. (6,8%) – ветеринарные врачи общей практики.

Для учета результатов анкетирования использовались данные респондентов, стаж которых по специализации составлял 3 года и более. Таким образом, учитывалось мнение 43 респондентов.

Распределение респондентов по стажу работы, чел.:

• 3–5 – 4 (9,3%);

• 6–10 – 19 (44,2%);

• 11–15 – 11 (25,5%);

• 16–20 – 3 (7,0%);

• свыше 20 – 6 (14,0%).

По каждой группе лекарственных средств были получены ответы не менее 12 экспертов.

Предложения по дополнению списка основных лекарственных средств направил 21 респондент (48,8%).

В результате анализа данных анкеты были разработаны следующие перечни основных и дополнительных лекарственных средств, применяемых в рамках основных направлений ветеринарной практики.

АНЕСТЕТИКИ, АНАЛЬГЕТИКИ, СЕДАТИВНЫЕ И ЛЕКАРСТВЕННЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПЕРВОЙ ПОМОЩИ

Основной перечень

Адренолитики: *Атипамезол.*

Средства для наркоза: *Диазепам, Изофлуран, Кетамин, Мидазолам, Пропрофол, Севофлуран, Тилетамин/золазепам.*

Седативные средства: *Дексмедетомидин, Медетомидин.*

Местные анестетики: *Лидокаин.*

Холинолитики: *Атропин.*
Адреномиметики: *Эпинефрин.*
Средства, регулирующие функцию органов мочеполовой системы и репродукцию: *Маннитол.*
Антигипоксанты и антиоксиданты: *Кислород.*
Макро- и микроэлементы: *Калия хлорид, Кальция глюконат.*
Регуляторы водно-электролитного и кислотно-щелочного равновесия:
Натрия хлорид.
Средства для энтерального и парентерального питания: *Альбумин человека, Декстроза.*

Дополнительный перечень

Антидепрессанты: *Тразодон.*
Противоэпилептические средства: *Габапентин.*
Местные анестетики: *Бупивакаин.*
Холинолитики: *Атракурия безилат.*
Адреномиметики: *Норадреналин.*
Сердечно-сосудистые средства: *Допамин, Добутамин.*
НПВС – Пиразолоны: *Метамизол натрия.*
НПВС – Оксикамы: *Мелоксикам.*
Прочие ненаркотические анальгетики включая нестероидные и другие противовоспалительные средства: *Робенакоксиб.*
Регуляторы водно-электролитного и кислотно-щелочного равновесия:
Гидроксиэтилкрахмал.
Средства для энтерального и парентерального питания: *Глюкоза. Стерофундин.*
Антикоагулянты: *Гепарин натрия.*
Гистаминолитки: *Дифенгидрамин.*
Ингибиторы фибринолиза: *Транексамовая кислота.*
Опиоиды, их аналоги и антагонисты: *Бупренорфин.*
Нейролептики: *Ацепромазин.*

АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫЕ И ПРОТИВОПРОТОЗОЙНЫЕ СРЕДСТВА

Основной перечень

Антибиотики: Пенициллины – *Амоксициллин*; Тетрациклины – *Доксициклин*;
Макролиды и азолиты – *Тилозин*.
Антибактериальные средства: Производные нафтиридина, хинолоны,
фторхинолоны – *Энрофлоксацин; Марбофлоксацин*; Производные нитроимдазола – *Метронидазол*.
Антисептики и дезинфицирующие средства: *Хлоргексидин; Повидон-Йод.*
Противопаразитарные средства: Противопротозойные средства – *Имидокарб.*

Дополнительный перечень

Антибиотики: Пенициллины – *Амоксициллин/клавулановая кислота**, *Ампициллин*; Макролиды и азолиты – *Эритромицин*; Аминогликозиды – *Гентамицин**; Линкозамиды – *Клиндамицин**; Амфениколы – *Хлорамфеникол*; Цефалоспорины – *Цефазолин**, *Цефалексин**.

Антибактериальные средства: Производные нафтиридина, хинолоны, фторхинолоны – *Ципрофлоксацин**; Сульфаниламиды – *Сульфадиазин/триметоприм*.

ЛЕКАРСТВЕННЫЕ СРЕДСТВА В ГАСТРОЭНТЕРОЛОГИИ

Основной перечень

Желудочно-кишечные средства: *Лактулоза, Маропитант, Метоклопрамид, Омепразол, Ондансетрон*.

Дополнительный перечень

Желудочно-кишечные средства: *Диосмектит, Сукральфат*.
Гистаминергические средства: Гистаминолитики – *Фамотидин*.

ЛЕКАРСТВЕННЫЕ СРЕДСТВА В ДЕРМАТОЛОГИИ

Основной перечень

Гистаминергические средства: Гистаминолитики – *Цетиризин, Хлорфенамин, Клемастин*.

Кортикостероиды: *Преднизолон, Метилпреднизолон*.

Иммунодепрессанты: *Циклоспорин*.

Противоопухолевые средства: *Оклацитиниб*.

Дерматотропные средства: *Изотретионин*.

Дополнительный перечень

Антибиотики: Тетрациклины – *Доксициклин*; Пенициллины – *Амоксициллин/клавулановая кислота*; Цефалоспорины – *Цефалексин*.

Антисептики и дезинфицирующие средства: *Хлоргексидин*.

Противогрибковые средства: *Итраконазол, Кетоконазол, Флуконазол*.

ЛЕКАРСТВЕННЫЕ СРЕДСТВА В ИММУНОЛОГИИ

Основной перечень

Вакцины, сыворотки, фаги и анатоксины. Вакцины для кошек: *Нобивак Трикет, Пуревакс*; вакцины для собак: *Нобивак DHPPI+L, Эурикан DHPPI2 + L*.

Иммунодепрессанты: *Азатиоприн, Циклоспорин, Будесонид, Хлорамбуцил*.

Кортикостероиды: *Дексаметазон, Преднизолон, Метилпреднизолон*.

Дополнительный перечень

Вакцины для кошек: *Мультифел-4, Биофел, Фелиген*; вакцины для собак: *Мультикан, Биокан DHPPI+LR, Вангард 7, Каниген, Рабиген Моно*.

* Лекарственное средство входит в перечень лекарственных препаратов, предназначенных для лечения инфекционных и паразитарных болезней животных, вызываемых патогенными микроорганизмами, условно-патогенными микроорганизмами, в отношении которых в соответствии с приказом Минсельхоза России от 18 ноября 2021 г. № 771 вводится ограничение на применение в лечебных целях: лекарственное средство применяется при отсутствии эффективности лечения другими антибактериальными препаратами.

ЛЕКАРСТВЕННЫЕ СРЕДСТВА В КАРДИОЛОГИИ

Основной перечень

Адренолитики: *Атенолол, Эсмолол.*

Сердечно-сосудистые средства: *Беназеприл, Рамиприл, Пимобендан, Эналаприл.*

Местные анестетики: *Лидокаин.*

Адреномиметики: *Сальбутамол.*

Средства, регулирующие функцию органов мочеполовой системы и репродукцию: *Диуретики – Спиронолактон, Торасемид, Фуросемид.*

Дополнительный перечень

Адренолитики: *Пропранолол.*

Сердечно-сосудистые средства: *Верапамил, Дигоксин, Дилтиазем, Каптоприл, Прокаинамид.*

ЛЕКАРСТВЕННЫЕ СРЕДСТВА В НЕВРОЛОГИИ

Основной перечень

Противоэпилептические средства: *Габапентин, Диазепам, Левитирацетам, Фенобарбитал.*

Дополнительный перечень

Противоэпилептические средства: *Имепитоин.*

Витамины и витаминоподобные средства: *Тиамин.*

Кортикостероиды: *Преднизолон.*

НПВС – Оксикамы: *Мелоксикам.*

Средства, регулирующие функцию органов мочеполовой системы и репродукцию: *Маннитол.*

ЛЕКАРСТВЕННЫЕ СРЕДСТВА В НЕФРОЛОГИИ/УРОЛОГИИ

Основной перечень

Сердечно-сосудистые средства: *Амлодипин, Беназеприл.*

Антагонисты рецепторов ангиотензина II: *Телмисартан.*

Желудочно-кишечные средства: *Алюминия гидроксид, Кальция карбонат, Лактулоза, Маропитант, Омепразол.*

Детоксирующие средства включая антидоты: *Лантана карбонат.*

Антидепрессанты: *Миртазапин.*

Средства для энтерального и парентерального питания: *Стерофундин, Фриостерин.*

Регуляторы водно-электролитного баланса и кислотно-щелочного равновесия: *раствор Рингера-Локка.*

НПВС – Оксикамы: *Мелоксикам.*

Средства, регулирующие функцию органов мочеполовой системы и репродукцию: *Тамсулозин.*

Дополнительный перечень

Другие метаболиты: *Севеламера карбонат.*

Желудочно-кишечные средства: *Метионин.*

Антибактериальные средства: Производные нафтиридина, хинолоны, фторхинолоны – *Марбофлоксацин, Энрофлоксацин.*

Антибиотики: *Пенициллины – Амоксициллин.*

ЛЕКАРСТВЕННЫЕ СРЕДСТВА В ОНКОЛОГИИ

Основной перечень

Противоопухолевые средства растительного происхождения: *Винбластин, Винкристин.*

Противоопухолевые антибиотики: *Доксорубицин.*

Алкилирующие средства: *Карбоплатин, Ломустин, Циклофосфамид, Хлорамбуцил.*

Противоопухолевые гормональные средства и антагонисты гормонов: *Преднизолон.*

Дополнительный перечень

Антиметаболиты: *Гидроксикарбамид.*

Алкилирующие средства: *Мелфалан.*

Противоопухолевые средства растительного происхождения: *Винорелбин.*

ЛЕКАРСТВЕННЫЕ СРЕДСТВА В ОФТАЛЬМОЛОГИИ

Основной перечень

Холинолитики: *Атропин, Тропикамид.*

Иммунодепрессанты: *Такролимус, Циклоспорин.*

Средства, регулирующие функцию органов мочеполовой системы и репродукцию: *Маннитол.*

Кортикостероиды: *Дексаметазон.*

Прочие ненаркотические анальгетики включая нестероидные и другие противовоспалительные средства: *Бромфенак.*

Адреномиметики: *Фенилэфрин.*

Местные анестетики: *Тетракаин.*

Дополнительный перечень

Антибиотики: *Аминогликозиды – Гентамицин; Тетрациклины – Доксциклин.*

ПРОТИВОПАРАЗИТАРНЫЕ СРЕДСТВА

Основной перечень

Противопаразитарные средства: Противопаразитарные средства – *Мильбемицина оксим, Моксидектин, Селамектин;* Антигельминтные средства – *Пирантел, Празиквантел, Фебантел, Фенбендазол;* Инсектоакарицидные средства – *Перметрин, Сароланер, Флураланер, Фипронил.*

Дополнительный перечень

Противопаразитарные средства: Противопаразитарные средства – *Ивермектин, Имидаклоприд*; Антигельминтные средства – *Мебендазол, Энцирантел, Эмодепсид*; Инсектоакарицидные средства – *S-метопрен*.

ПРОТИВОГРИБКОВЫЕ СРЕДСТВА

Основной перечень

Противогрибковые средства: *Итраконазол, Кетоконазол, Клотримазол, Тербинафин, Флуконазол*.

Дополнительный перечень

Противогрибковые средства: *Миконазол, Эконазол*.

ПРОТИВОВИРУСНЫЕ СРЕДСТВА

Основной перечень

Противовирусные средства: *Зидовудин, Фамцикловир*.

ЛЕКАРСТВЕННЫЕ СРЕДСТВА В ПУЛЬМОНОЛОГИИ

Основной перечень

Антибиотики: Тетрациклины – *Доксициклин*.

Адреномиметики: *Сальметерол*.

Кортикостероиды: *Будесонид, Дексаметазон, Метилпреднизолон, Мометазон, Преднизолон, Флутиказон*.

Респираторные средства: *Амброксол, Ацетилцистеин, Бромгексин, Теофиллин, Флуимуцил*.

Дополнительный перечень

Адреномиметики: *Сальбутамол*.

Антибиотики: Пенициллины – *Амоксициллин/клавулановая кислота*; Азалиды – *Азитромицин*.

Антибактериальные средства: Производные нафтиридина, хинолоны, фторхинолоны – *Марбофлоксацин, Энрофлоксацин*.

Противопаразитарные препараты: Противопаразитарные средства – *Милбемицима оксим*; Антигельминтные средства – *Празиквантел, Фебендазол, Эмодепсид*.

Противоэпилептические средства: *Габапентин*.

Респираторные средства: *Бутамират*.

ЛЕКАРСТВЕННЫЕ СРЕДСТВА В РЕПРОДУКТОЛОГИИ

Гормоны гипоталамуса, гипофиза, гонадотропины и их антагонисты: *Окситоцин, Деслорелин*.

Другие гормоны, их аналоги и антагонисты: *Агленпристон*.

Макро- и микроэлементы: *Кальция глюконат.*

Дофаномиметики: *Каберголин.*

СРЕДСТВА ДЛЯ ЭВТАНАЗИИ

Средства для наркоза: *Пропофол.*

Местные анестетики: *Лидокаин.*

ЛЕКАРСТВЕННЫЕ СРЕДСТВА В ЭНДОКРИНОЛОГИИ

Основной перечень

Инсулины: *Инсулин.*

Кортикостероиды: *Преднизолон, Флудрокортизон.*

Гормоны гипоталамуса, гипофиза, гонадотропины и их антагонисты: *Десмопрессин.*

Гормоны щитовидной и паращитовидных желез, их аналоги и антагонисты (включая антигипофизарные средства): *Левотироксин.*

Другие гормоны, их аналоги и антагонисты: *Трилостан.*

Дополнительный перечень

Гормоны гипоталамуса, гипофиза, гонадотропины и их антагонисты: *Тетракозактид.*

Эстрогены, гестагены; их гомологи и антагонисты: *Эстриол.*

Другие гормоны, их аналоги и антагонисты: *Митотан.*

Список основных лекарственных средств для кошек и собак, применяемых в российской ветеринарной практике, насчитывает 125 средств.

Список дополнительных лекарственных средств для кошек и собак, применяемых в российской ветеринарной практике, включает в себя 65 средств.

Выводы

Проведенные исследования позволили выявить основные лекарственные средства, применяемые для лечения кошек и собак в российской ветеринарной практике. Удобная форма представления материала позволяет быстро найти интересующую информацию по основным направлениям ветеринарной практики.

Составленные перечни основных и дополнительных лекарственных средств могут быть полезными для ветеринарных врачей, руководителей органов государственной власти, осуществляющих надзор за обращением лекарственных средств для животных, управляющих ветеринарными клиниками, научных сотрудников, преподавателей и студентов образовательных организаций высшего, среднего профессионального и дополнительного образования ветеринарного профиля.

Коллектив авторов выражает благодарность ветеринарным врачам, принявшим участие в анкетировании, за оказание помощи в проведении исследований и обсуждении его результатов.

Библиографический список

1. Акчурин С.В., Дюльгер Г.П., Акчурина И.В., Бычков В.С., Седлецкая Е.С. Использование цифровых технологий в практике работы ветеринарных клиник // *Аграрный научный журнал*. – 2022. – № 8. – С. 39–42.
2. Акчурин С.В., Юлдашбаев Ю.А., Дюльгер Г.П., Акчурина И.В., Обухова М.Е., Латынина Е.С., Хренова Я.М. Социально-экономическое значение ординатуры для повышения качества подготовки специалистов в области ветеринарии // *Аграрная наука*. – 2022. – № 10. – С. 162–167.
3. Акчурин С.В., Дюльгер Г.П., Акчурина И.В., Бычков В.С., Латынина Е.С. Тенденции в формировании контингента студентов специальности 36.05.01 «Ветеринария» в российских вузах // *Аграрная наука*. – 2021. – № 10. – С. 134–139.
4. В России за три года стало на 12 млн больше домашних питомцев. – [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.interfax.ru/russia/759814> (дата обращения: 13.12.2022).
5. Государственный реестр лекарственных средств для ветеринарного применения. – [Электронный ресурс]. URL: <https://galen.vetrf.ru/#/registry/pharm/registry?page=1> (дата обращения: 23.01.2023).
6. Перечень основных лекарственных средств для кошек и собак. – 2020. – 24 с. – [Электронный ресурс]. – URL: <https://wsava.org/wp-content/uploads/2021/09/WSAVA-List-of-Essential-Medicines-for-Cats-and-Dogs-Russian.pdf> (дата обращения: 13.12.2022).
7. Об утверждении перечня лекарственных препаратов, предназначенных для лечения инфекционных и паразитарных болезней животных, вызываемых патогенными микроорганизмами и условно-патогенными микроорганизмами, в отношении которых вводится ограничение на применение в лечебных целях, в том числе для лечения сельскохозяйственных животных: Приказ Минсельхоза России от 18 ноября 2021 г. № 771 (зарегистрировано в Минюсте РФ 29 ноября 2021 г. № 66038).
8. Рекомендуемый классификатор клинико-фармакологических групп лекарственных средств для ветеринарного применения. – [Электронный ресурс]. – URL: https://fsvps.gov.ru/fsvps-docs/ru/regLicensing/docs/mistakes/class_lek.pdf (дата обращения: 23.01.2023).
9. Global State of Pet Care. Stats, Facts and Trends. – URL: <https://www.healthforanimals.org/wp-content/uploads/2022/07/Global-State-of-Pet-Care.pdf> (дата обращения: 13.12.2022).
10. Larkin M. Pet population still on the rise, with fewer pets per household. – URL: <https://www.avma.org/javma-news/2021-12-01/pet-population-still-rise-fewer-pets-household> (дата обращения: 13.12.2022).
11. List of veterinary drugs. – URL: https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_veterinary_drugs (дата обращения: 13.12.2022).
12. Mills P., Page S., Craig A. Veterinary pharmacology curriculum renewal to improve graduate outcomes and public safety. – URL: http://www.olt.gov.au/system/files/resources/PP9_1340_Mills_Report_2011.pdf (дата обращения: 13.12.2022).
13. Orme M., Frolich J. et al. Towards a core curriculum in clinical pharmacology for undergraduate medical students in Europe // *Eur J Clin Pharmacol*. – 2002. – № 58 (9). – Pp. 635–640.
14. Pharmacology: Commonly Used Drugs. – URL: https://www.vettechprep.com/_pps/SILUCDYLFWLVIR199046.PDF (дата обращения: 13.12.2022).

15. WHO Model Lists of Essential Medicines. – URL: <https://www.who.int/groups/expert-committee-on-selection-and-use-of-essential-medicines/essential-medicines-lists> (дата обращения: 13.12.2022).

16. Your Pet’s Medications. – URL: <https://www.avma.org/resources/pet-owners/petcare/your-pets-medications> (дата обращения: 13.12.2022).

ESSENTIAL MEDICINES FOR CATS AND DOGS IN RUSSIAN VETERINARY PRACTICE

S.V. AKCHURIN, G.P. DYULGER, I.V. AKCHURINA,
V.S. BYCHKOV, E.S. SEDLETSKAYA

(Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy)

In Russia, as in other countries around the world, the number of companion animals is increasing and the demand for veterinary services consequently. Increasing demand leads to the emergence of new services and goods, including medicines. The number of medicines used to treat small animals runs into the thousands. However, not all medicines are widely used in veterinary practice. The World Small Animal Veterinary Association (WSAVA), following the approach of the World Health Organisation, has introduced the practice of defining essential medicines to identify the most important medicines in veterinary medicine. This enables veterinarians to achieve an optimal level of expertise in the pharmacotherapy of the most common and important diseases of dogs and cats through self-education, and assists regulatory authorities in monitoring the supply of essential medicines to the veterinary industry, including the implementation of import substitution work, assist veterinary clinic managers in compiling a list of medicines that must be available, contribute to the quality of veterinary education, in particular by improving the quality of teaching the subject “Veterinary Pharmacology”. As part of the study, two lists of essential and complementary medicines for cats and dogs used in Russian veterinary practice were compiled with the help of experts from the veterinary industry. The lists are divided into sections reflecting the main areas of veterinary pharmacotherapy.

Key words: medicines, veterinary medicine, pharmacology, therapy, Russia, cats, dogs, companion animals.

References

1. Akchurin S.V., Dyulger G.P., Akchurina I.V., Bychkov V.S., Sedletsкая E.S. The use of digital technologies in the practice of veterinary clinics. Agrarniy nauchniy zhurnal. 2022; 8: S. 39–42. (In Rus.)

2. Akchurin S.V., Yuldashbaev Yu.A., Dyulger G.P., Akchurina I.V., Obukhova M.E., Latynina E.S., Khrenova Ya.M. Economic and social importance of residency for improving the quality of experts in the field of veterinary medicine. Agrarnaya nauka. 2022; 10: 162–167. (In Rus.)

3. Akchurin S.V., Dyulger G.P., Akchurina I.V., Bychkov V.S., Latynina E.S. Trends in the formation of the contingent of students of the specialty 36.05.01 “Veterinary medicine” in Russian universities. Agrarnaya nauka. 2021; 10: 134–139. (In Rus.)

4. In Russia, there have been 12 million more pets in three years. [Electronic source]. URL: <https://www.interfax.ru/russia/759814> (Access date: 13.12.2022). (In Rus.)

5. State Register of Medicines for Veterinary Use. [Electronic source]. URL: <https://galen.vetrif.ru/#/registry/pharm/registry?page=1> (Access date: 23.01.2023). (In Rus.)

6. List of essential medicines for cats and dogs]. 2020: 24. [Electronic source]. URL: <https://wsava.org/wp-content/uploads/2021/09/WSAVA-List-of-Essential-Medicines-for-Cats-and-Dogs-Russian.pdf> (Access date: 13.12.2022). (In Rus.)
7. Order of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation No. 771 dated 11/18/2021 “On approval of the list of medicines intended for the treatment of infectious and parasitic diseases of animals caused by pathogenic microorganisms and conditionally pathogenic microorganisms, in respect of which restrictions are imposed on the use for medicinal purposes, including for the treatment of farm animals”. (Registered with the Ministry of Justice on 29.11.2021 No. 66038). (In Rus.)
8. Recommended classifier of clinical and pharmacological groups of medicines for veterinary use. [Electronic source]. URL: https://fsvps.gov.ru/fsvps-docs/ru/regLicensing/docs/mistakes/class_lek.pdf (Access date: 23.01.2023). (In Rus.)
9. Global State of Pet Care. Stats, Facts and Trends. [Electronic source]. URL: <https://www.healthforanimals.org/wp-content/uploads/2022/07/Global-State-of-Pet-Care.pdf> (Access date: 13.12.2022).
10. *Larkin M.* Pet population still on the rise, with fewer pets per household. [Electronic source]. URL: <https://www.avma.org/javma-news/2021-12-01/pet-population-still-rise-fewer-pets-household> (Access date: 13.12.2022).
11. List of veterinary drugs. [Electronic source]. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_veterinary_drugs (Access date: 13.12.2022).
12. *Mills P., Page S., Craig A.* Veterinary pharmacology curriculum renewal to improve graduate outcomes and public safety. 2011. [Electronic source]. URL: http://www.olt.gov.au/system/files/resources/PP9_1340_Mills_Report_2011.pdf (Access date: 13.12.2022).
13. *Orme M., Frolich J. et al.* Towards a core curriculum in clinical pharmacology for undergraduate medical students in Europe. *Eur J Clin Pharmacol.* 2002; 58(9): 635–640.
14. Pharmacology: Commonly Used Drugs. [Electronic source]. URL: https://www.vettechprep.com/_pps/SILUCDYLFWLIVIR199046.PDF (Access date: 13.12.2022).
15. WHO Model Lists of Essential Medicines. [Electronic source]. URL: <https://www.who.int/groups/expert-committee-on-selection-and-use-of-essential-medicines/essential-medicines-lists> (Access date: 13.12.2022).
16. Your Pet’s Medications. [Electronic source]. URL: <https://www.avma.org/resources/pet-owners/petcare/your-pets-medications> (Access date: 13.12.2022).

Акчурин Сергей Владимирович, д-р ветеринар. наук, доцент кафедры «Ветеринарная медицина», Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел.: (499) 977–17–82); e-mail: sakchurin@rgau-msha.ru

Дюльгер Георгий Петрович, д-р ветеринар. наук, заведующий кафедрой «Ветеринарная медицина», Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел.: (499) 977–17–82); e-mail: dulger@rgau-msha.ru

Акчурина Ирина Владимировна, канд. ветеринар. наук, доцент кафедры «Ветеринарная медицина», Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел.: (499) 977–17–82); e-mail: sakchurin@rgau-msha.ru

Бычков Владислав Сергеевич, канд. ветеринар. наук, доцент кафедры «Ветеринарная медицина», Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел.: (499) 977–17–82); e-mail: buchkov@rgau-msha.ru

Седлецкая Евгения Сергеевна, канд. ветеринар. наук, доцент кафедры «Ветеринарная медицина», Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел.: (499) 977–17–82); e-mail: esedletsкая@rgau-msha.ru

Sergey V. Akchurin, DSc (Vet), Associate Professor of the Department of Veterinary Medicine, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49, Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russian Federation; phone: (499) 977–17–82; E-mail: sakchurin@rgau-msha.ru)

Georgiy P. Dyulger, DSc (Vet), Head of the Department of Veterinary Medicine, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49, Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russian Federation; phone: (499) 977–17–82; E-mail: dulger@rgau-msha.ru)

Irina V. Akchurina, CSc (Vet), Associate Professor of the Department of Veterinary Medicine, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49, Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russian Federation; phone: (499) 977–17–82; E-mail: sakchurin@rgau-msha.ru)

Vladislav S. Bychkov, CSc (Vet), Associate Professor of the Department of Veterinary Medicine, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49, Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russian Federation; phone: (499) 977–17–82; E-mail: buchkov@rgau-msha.ru)

Evgeniya S. Sedletsкая, CSc (Vet), Associate Professor of the Department of Veterinary Medicine, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49, Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russian Federation; phone: (499) 977–17–82; E-mail: esedletsкая@rgau-msha.ru)

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОСКОВОЙ РЕЗИНЫ В ДОИЛЬНЫХ АППАРАТАХ С ВКЛЮЧЕНИЕМ В ЕЕ СОСТАВ НАНОЧАСТИЦ СЕРЕБРА И ЦИНКА

Г.В. РОДИОНОВ, А.П. ОЛЕСЮК, Д.И. ПИЩИКОВ

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

На молочную продуктивность оказывает влияние множество факторов. Доильный аппарат является одним из основных компонентов доильной системы. Независимо от конструктивных особенностей он используется для извлечения молока из вымени в условиях вакуума. Одним из перспективных направлений профилактики заболеваний маститом коров является использование наночастиц серебра и цинка. В предварительный период существенные различия по всем показателям отмечены не были. В процессе исследований выявили, что в период доения экспериментальной сосковой резиной в группе исследуемых животных снизилось число коров, болеющих маститом. При этом качественные показатели молока остались неизменными.

Ключевые слова: сосковая резина, доильный аппарат, наночастицы серебра, наночастицы цинка, мастит

Введение

На молочную продуктивность влияет ряд факторов. Некоторые из них действуют в совокупности, но специальные исследования направлены на определение важности отдельных факторов, которые могут быть весьма полезными для улучшения производительности молочных коров [1, 2].

Выбор конкретного доильного аппарата и аксессуаров к нему определяется эффективностью его применения в сочетании с ценой и качеством. Доильный аппарат является одним из основных компонентов доильной установки. Независимо от конструктивных особенностей он используется для извлечения молока из вымени в условиях вакуума. Доильные стаканы, укомплектованные сосковой резиной, являются исполнительными механизмами устройства.

Сосковая резина – это единственная часть доильного аппарата, которая находится в непосредственном контакте с выменем. Ее эффективность влияет не только на качество доения, но и на здоровье коровы, так как патогенные микроорганизмы механически передаются от больной коровы к здоровой через доильный стакан. Чтобы избежать этого, необходимо проводить промежуточную дезинфекцию доильного стакана [3]. Конструкция сосковой резины также оказывает сильное влияние на вымя.

Сосковая резина изготавливается из каучука или силикона. Она состоит из головки верхней части, чулка в середине и молочной трубки в нижней части. Внутренняя поверхность сосковой резины постоянно подвергается воздействию молочных белков, молочной кислоты, жирных кислот, грязи и агрессивных чистящих средств в дополнение к механическим нагрузкам при работе, что может привести к ее износу. Шероховатые поверхности позволяют микроорганизмам легко поселиться на них, а сфинктер соскового канала не закрывается, создавая идеальные условия для развития мастита. Необходимо убедиться, что внутренние стенки вкладыша эластичны, что условия доения оптимальны (величина вакуумного давления, соотношение

между всасыванием и доением, время выключения доильного аппарата) и что резина не повреждает вымя животного. К сожалению, эти условия не всегда выполняются. Многие патогенные микроорганизмы попадают в вымя непосредственно через естественные отверстия во время доения. Если через сосковые каналы проходит много бактерий или ослаблена клеточная защитная реакция, патогены могут попасть в вымя, где они размножаются и вызывают мастит [4].

Если у большого количества животных регистрируется повреждение сосков, причину следует искать незамедлительно, чтобы не спровоцировать появления проблем относительно вымени. Невидимые изменения уровня вакуума при доении, слишком большая или изношенная сосковая резина, задержки при снятии доильного аппарата, сильные пульсации и неравномерная загрузка отдельных доильных стаканов могут быть техническими причинами повреждения сосков. Однако даже такие простые ошибки при доении, как установка доильного аппарата на влажный сосок при слабой стимуляции, плохое обращение со шлангом или слишком позднее удаление доильного аппарата, могут привести к длительным перерывам в доении, и в итоге – к необратимому повреждению соска [5].

Перспективным направлением профилактики мастита у коров является использование наночастиц серебра и цинка с определенными физико-химическими свойствами для улучшения сосковой резины. Кроме того, эти наночастицы можно использовать в таких составах, как мази [6].

Наночастицы делятся на классы: биологические и биогенные, супермагнитные, углеродные, полимерные, перфторуглеродные, неорганические, дендримеры, квантовые точки, полимерные мицеллы и липосомы. В настоящее время приоритетным направлением наномедицины является использование наночастиц различных металлов, представляющих собой перспективную альтернативу антибиотикам [7].

Самый сильный природный антибиотик, известный человечеству, – это серебро. Серебро является природным элементом, который в отличие от органических (химических) антисептиков и дезинфицирующих средств не загрязняет природу. Это мощный биоцид против микроорганизмов и вирусов, в отличие от других металлов обладающий весьма низкой токсичностью для многоклеточных организмов. Таким образом, серебро приближается к параметрам идеального антисептика.

Заживление – сложный процесс, требующий баланса микроэлементов и антиоксидантов. Например, цинк играет особую роль в жизнедеятельности живых организмов, а также обладает ранозаживляющими свойствами, поскольку способствует процессу полной регенерации тканей и ускоряет восстановительную регенерацию [8]. Это дает основание использовать наночастицы в качестве биологических методов борьбы с микроорганизмами. Поэтому микробиологи во всем мире пытаются идентифицировать микроорганизмы по этой способности, разработать простой и экономически эффективный метод синтеза наночастиц для этих целей [9, 10].

Таким образом, если наночастицы серебра и цинка обладают бактерицидными свойствами, повышают эффективность заживления кожного покрова, то их можно использовать в животноводстве. В связи с этим нами проведены исследования, целью которых явилось изучение влияния наночастиц серебра и цинка в составе сосковой резины на инфицирование животных во время доения, и как следствие – на заболеваемость коров маститом. В соответствии с поставленной целью решались следующие задачи:

1. Изучить основные виды механических повреждений кожи во время доения.
2. Оценить эффективность использования экспериментальной сосковой резины в доильных аппаратах с включением в ее состав наночастиц серебра и цинка.
3. Исследовать практическое действие наночастиц серебра и цинка на заболеваемость маститом и инфицирование животных во время доения.

Материал и методы исследований

Объектом исследований послужила сосковая резина, в состав которой входят наночастицы серебра и цинка. Предметом исследований являлось изучение возможности использования антибактериальной сосковой резины для предотвращения маститов и инфекций при доении.

На ферме КФХ «Цветков В.Н.» в д. Мишнево, где проводились исследования, установлен линейный молокопровод, что обеспечивает индивидуальный подход к каждой корове. В ходе научного опыта использовались типовая сосковая резина ДД 00.041 и экспериментальная резина с наночастицами. Замена резины на доильных аппаратах производится раз в 1,5 мес., соски после доения обрабатываются раствором. Размеры типовой и экспериментальной резины не отличались, различным был только состав (табл. 1).

Таблица 1

Параметры сосковой резины и доильного стакана

Сосковая резина	Типовая сосковая резина ДД 00.041 А	Экспериментальная резина с наночастицами
Диаметр отверстия для соска, мм	25,5	25,5
Материал	Пищевая резина	Пищевая резина с добавлением наночастиц цинка и серебра
Длина, мм	290	290
Доильный стакан		
Длина, мм	155	155
Диаметр, мм	44	44
Диаметр выходного отверстия, мм	17	17

При проведении исследований применяли метод групп-периодов. Метод заключается в том, что опыт проводили на одной группе животных и изучали влияние сосковой резины на качественные показатели молока в течение трех последовательных периодов.

Таблица 2

Схема постановки опыта

Предварительный период (3 мес.)	Опытный период (1,5 мес.)	Заключительный период (1,5 мес.)
типовая сосковая резина	опытная сосковая резина	типовая сосковая резина

Для эксперимента было отобрано 220 гол. крупного рогатого скота одной породы. Разница между живой массой и продуктивностью не превышала 5%. Животные с признаками заболевания были удалены.

Цель *предварительного периода* набора заключалась в том, чтобы обеспечить сходство отобранных животных с животными группы. В этот период животных можно заменить: например, животные с плохим аппетитом или те, которые часто конфликтуют и вызывают стресс у окружающих животных, могут быть заменены. В предварительный период для животных используют хозяйственный рацион и типовую сосковую резину. Предварительный период составляет 3 мес. По истечении этого срока состав группы уже не может быть изменен.

В течение *опытного* периода животные содержались на основном корме фермы. Все испытания проводились в соответствии с методикой. Продолжительность исследования составила 2 мес. В этот период продолжали изучение ответных реакций подопытных животных на замену сосковой типовой резины на экспериментальную с использованием наночастиц серебра и цинка согласно методике.

В *третьем* (заключительном, или контрольном) периоде, как и в предварительном, исключается влияние изучаемых факторов, но продолжается определение изучаемых показателей. Этот период необходим, чтобы установить, вызваны изменения в производительности, состоянии здоровья и т.д. изучаемыми факторами или случайностью. Продолжительность периода составляет 2 месяца.

О результатах опыта судили по разности в показателях (в первую очередь – продуктивности) между опытным периодом, когда на животных действовал изучаемый фактор, и первым, а также третьим периодами, когда данный фактор был исключен.

Во время каждого периода по каждому животному проводили учет потребления кормов, молочной продуктивности, содержания жира, белка и других показателей в молоке. О результатах опыта судили, сопоставляя фактическую продуктивность с использованием экспериментальной сосковой резины и продуктивностью животных, которых доили аппаратами с типовой сосковой резиной.

Результаты и их обсуждение

Оценку результатов опыта производили по разности в показателях между периодами. Во время опытного периода при доении экспериментальной резиной не были выявлены передавливания, зажимы, микротрещины на сосках и другие признаки перегрузок.

Органолептические свойства молока-сырья существенно влияют на общую оценку продукта, поскольку первое, на что ориентируется покупатель, – это вкус. Изменения органолептических свойств молока во все периоды не отмечались. Из данных таблицы 3 следует, что использование экспериментальной резины не повлияло на изменение данных показателей.

Таблица 3

Органолептическая оценка молока-сырья

Наименование показателя	Предварительный период	Опытный период	Заключительный период
Консистенция	Однородная жидкость без осадка и хлопьев	Изменения не выявлены	Изменения не выявлены
Вкус и запах	Чистый, без посторонних запахов и привкусов, не свойственных свежему натуральному молоку	Изменения не выявлены	Изменений не выявлены
Цвет	От белого до светло-кремового	Изменения не выявлены	Изменения не выявлены

В таблице 4 представлены данные за 3 мес. предварительного периода. Вычислив среднее значение за этот период, в дальнейшем можно сравнить с результатами, полученными в опытный и контрольные периоды, и проследить динамику изменения показателей. Следует отметить, что в предварительный период существенные различия по всем показателям отмечены не были.

Отмечено (табл. 5), что в период доения экспериментальной сосковой резиной в группе исследуемых животных снизилось число коров, болеющих маститом. При этом качественные показатели молока остались неизменными.

Из данных таблицы 6 следует, что заболеваемость коров маститом в заключительный период находилась на минимальном уровне – 1,3%. Следовательно, использование сосковой резины в опытный период оказывало пролонгированное действие на заболеваемость маститом и сохранилось в контрольный период, когда использовалась сосковая резина без наночастиц.

Таблица 4

Показатели молока и заболеваемость коров маститом в предварительный период

Наименование показателя	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	В среднем за период
Удой на 1 корову за месяц, кг	25,5	25,4	25,6	25,5
Среднее содержание жира, %	4,3	4,3	4,3	4,3
Среднее содержание белка, %	3,2	3,3	3,3	3,3
КМАФАМ, КОЕ в 1 см ³	1,0*10 ⁵	1,0*10 ⁵	1,0*10 ⁵	1,0*10 ⁵
Количество соматических клеток, тыс. кл. в 1 см ³	250	260	260	257
Кислотность, °Т	17	17	17	17
Заболеваемость маститом, %	1,8	2,2	2,2	2,1

Таблица 5

Показатели молока и заболеваемость коров маститом в опытный период

	Декабрь	Январь	В среднем за период
Удой на 1 корову за 1 мес., кг	25,6	25,5	25,6
Среднее содержание жира, %	4,4	4,5	4,5
Среднее содержание белка, %	3,3	3,3	3,3
КМАФАМ, КОЕ	1,0*10 ⁵	1,0*10 ⁵	1,0*10 ⁵
Количество соматических клеток, тыс.	260	250	255
Кислотность, °Т	16	17	16,5
Заболеваемость маститом, %	1,8	1,3	1,5

В таблице 7 представлены обобщенные результаты исследований и сравнение качественных показателей молока при доении с использованием экспериментальной и типовой сосковой резины.

В ходе проведенного эксперимента изменения качественного состава молока выявлены не были. В то же время в период доения с использованием экспериментальной сосковой резины в группе исследуемых животных снизилось число коров, болеющих маститом, и их количество продолжило снижаться во время контрольного периода. При этом качественные показатели молока претерпевали незначительные изменения.

При проведении анализа полученных данных следует учесть, что на изменение исследуемых показателей могла повлиять не только смена привычной резины, но и другие факторы. В связи с этим были проанализированы помесячные изменения показателей на протяжении всего периода исследований.

Таблица 6

Показатели молока и заболеваемость коров маститом в заключительный период

Наименование показателей	Январь	Февраль	В среднем за период
Удой на 1 корову за 1 мес., кг	25,5	25,6	25,6
Среднее содержание жира, %	4,5	4,4	4,5
Среднее содержание белка, %	3,2	3,3	3,25
КМАФАМ, КОЕ	$1,0 \cdot 10^5$	$1,1 \cdot 10^5$	$1,05 \cdot 10^5$
Количество соматических клеток, тыс.	250	250	250
Кислотность, °Т	17	17	17
Заболеваемость маститом, %	1,3	1,3	1,3

Таблица 7

Средние значения показателей за все периоды

Показатель	Предварительный период	Опытный период	Заключительный период
Удой на 1 корову за 1 мес., кг	25,5	25,6	25,6
Среднее содержание жира, %	4,3	4,5	4,5
Среднее содержание белка, %	3,3	3,3	3,25
КМАФАМ, КОЕ	$1,0 \cdot 10^5$	$1,05 \cdot 10^5$	$1,05 \cdot 10^5$
Количество соматических клеток, тыс.	257	255	250
Кислотность, °Т	17	16,5	17
Заболеваемость маститом, гол. (%)?	2,1	1,5	1,3

На рисунке 1 представлены данные по изменению удоев коров в различные периоды проведения опыта. Можно отметить, что в опытный и контрольные периоды удои коров незначительно изменялись (25,4–25,6 кг) и что различия были статистически недостоверными. Это связано с тем, что в хозяйстве на протяжении всего года используются однотипные рационы, и роль влияния сезона года на молочную продуктивность является несущественной. Использование экспериментальной сосковой резины также не повлияло на показатели удоев.

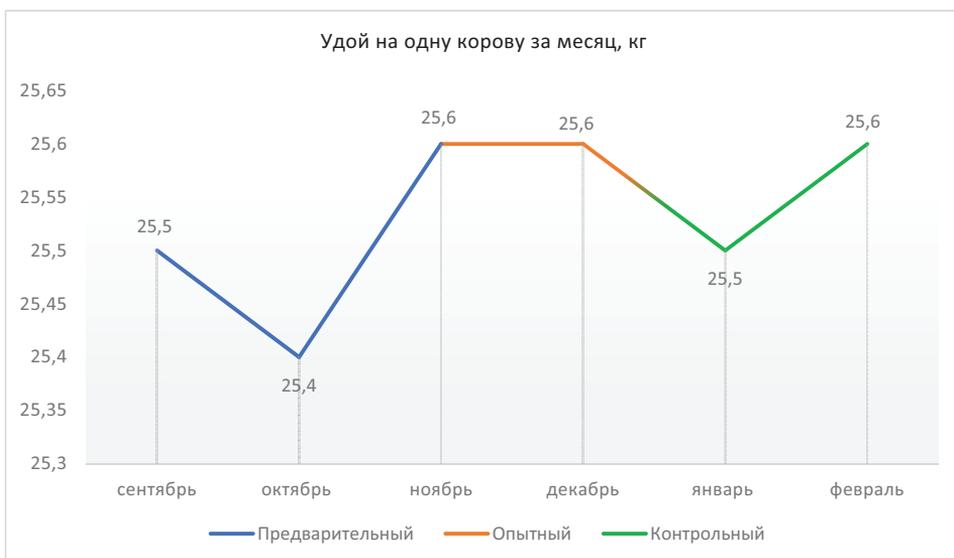


Рис. 1. Изменение среднесуточных удоев коров

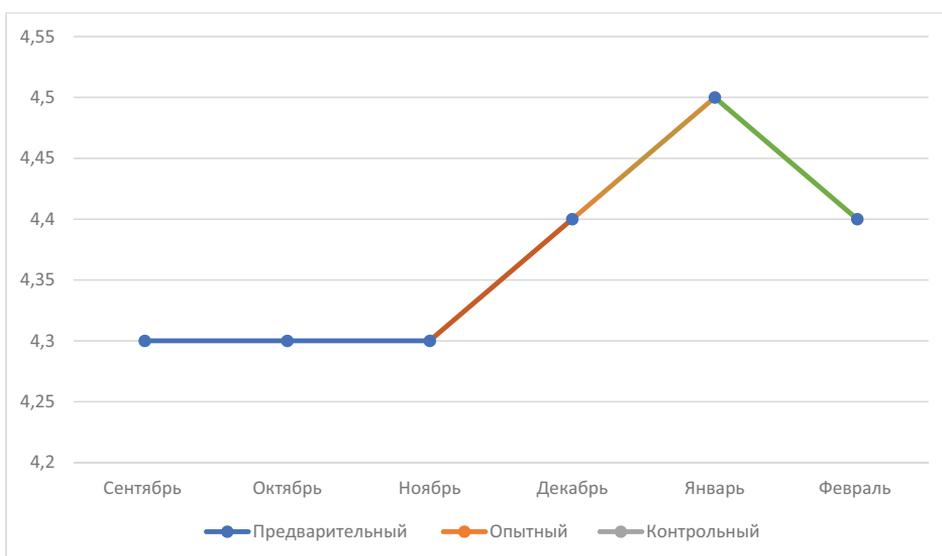


Рис. 2. Изменение содержания жира в молоке коров

В период использования экспериментальной сосковой резины в декабре и январе существенно (на 0,1–0,2%) увеличилось содержание жира в молоке коров. Известно, что на увеличение содержания жира в молоке коров может повлиять полнота

выдаивания коров, так как в последних порциях молока при дойке содержится большее количество жира. Однако это предположение требует дополнительного изучения и проверки, так как содержание жира и белка в молоке зависит от полноценности кормления, генетического потенциала, возраста коров, сезона отела, сервис-периода и др., что может также оказать влияние на средние величины и изменчивость признаков молочной продуктивности.

В ходе исследований произошел незначительный рост числа соматических клеток в октябре, когда экспериментальная резина еще не использовалась. В связи с этим говорить о достоверном влиянии сосковой резины на число соматических клеток в молоке коров не представляется возможным. Количество соматических клеток в молоке зависит от многих факторов – таких, как уровень молочной продуктивности, стадия лактации, а также индивидуальные факторы, факторы окружающей среды и др.

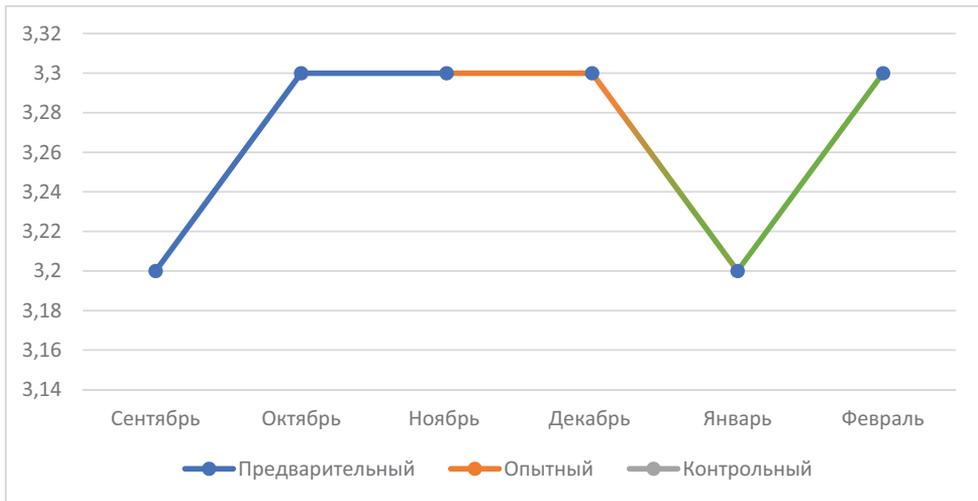


Рис. 3. Среднее содержание белка, %

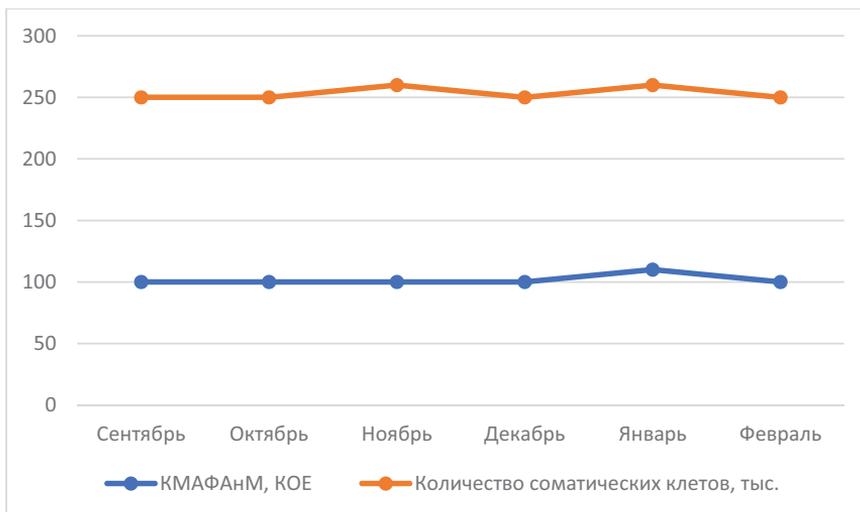


Рис. 4. Количество мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ) и количество соматических клеток, тыс.

Количество мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ), или общая бактериальная обсемененность, является одним из основных показателей санитарного качества сырого молока. За период проведения опыта значительных изменений этого показателя не произошло, и их количество в молоке было незначительным, что говорит о соблюдении в хозяйстве всех зоогигиенических требований при содержании и доении коров.

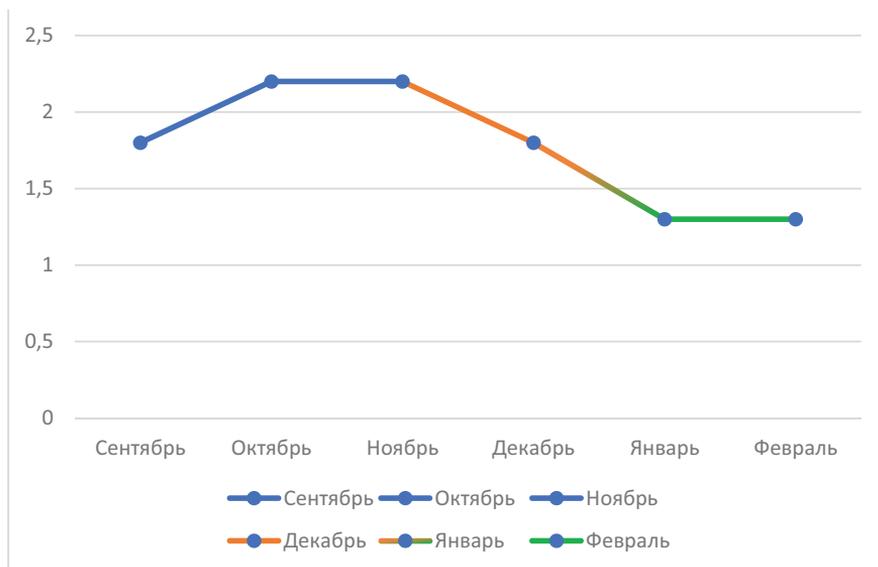


Рис. 5. Заболеваемость маститом коров, %

Полученные результаты исследований при доении с использованием экспериментальной сосковой резины и типовой сосковой резины показали, что в опытный период доения в группе исследуемых животных снизилось количество коров с маститом, причем качественные показатели молока остались неизменными. Полученные данные позволяют сделать вывод о влиянии наночастиц серебра и цинка на снижение заболеваемости животных. При этом ухудшение качественного состава молока не выявлено.

Выводы

Для окончательного вывода об эффективности использования сосковой резины следует провести ряд дополнительных экспериментов по изучению влияния наночастиц на структурное качество резины (что могло повлиять на срок службы и другие характеристики), провести более детальное исследование физико-химических свойств экспериментальной резины, оценив ее износостойкость, эластичность и другие показатели. Все это позволит оценить целесообразность использования данной резины.

Библиографический список

1. Попов К.И., Филиппов А.Н., Хуршудян С.А. Пищевые нанотехнологии // Российский химический журнал (Журнал ВХО им. Д.И. Менделеева). – 2009. С. 86–97.
2. Попов К.И., Котова Н.Н., Остащенко Н.В. Методические аспекты анализа наночастиц серебра в молоке методом просвечивающей электронной микроскопии // Пищевая промышленность. – 2010. – С. 36–38.

3. Порядок и методы проведения контроля миграции наночастиц из упаковочных материалов: Методические указания. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2010. – С. 35.
4. Родионов Г.В., Акинина Н.В., Ермошина Е.В., Ананьева Т.В. Контроль ингибирующих веществ в молоке: М., 2008. – С. 17–18.
5. Резина сосковая для доильного аппарата, диам. 22 мм, uniflex, квадратная. – [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.sacmilking.ru/collection/doilnyy-pparat-podvesnyachast/product/13522-rezina-soskovaya-dlya-doilnogo-apparata-dia22-mm-uniflex-kvadratnaya> (дата обращения: 07.11.2021).
6. Попов К.И., Филиппов А.Н., Хуршудян С.А. Пищевые нанотехнологии // Российский химический журнал (Журнал ВХО им. Д.И. Менделеева). – 2009. – С. 86–97.
7. Распопов Р.В., Гмошинский И.В., Попов К.И. Методы контроля наночастиц в пищевых продуктах и биологических объектах // Применение микроскопических и хроматографических методов исследования. Вопросы питания. – 2012. – С. 4–11.
8. Kalashnikova L., Rodionov G.V. Polimorphism Prolaktin Loci // In Russian Cattle Alipanah // Journal of Animal and Veterinary Advances. – 2007. – Т. 6, № 6. – С. 813–815.
9. Сафронов С.Л., Санганиева А.В., Чепуштанова О.В. Сравнительная характеристика коров разного происхождения по пригодности к машинному доению // Состояние и перспективы развития скотоводства. – 2009. – С. 138–142.
10. Соловьев С.А., Тимирбаева А.И., Ольховацкий А.К. Обоснование продолжительности эксплуатации сосковой резины доильных аппаратов // Труды ГОСНИТИ. – 2013. – Т. 113. – С. 26–32.

EFFECTIVENESS OF LINERS WITH SILVER AND ZINC NANOPARTICLES IN MILKING MACHINES

G.V. RODIONOV, A.P. OLESYUK, D.I. PISHCHIKOV

(Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy)

Many factors influence milking performance. The milking machine is one of the most important components of a milking unit. Irrespective of its design features it is intended for extracting milk from the udder under vacuum. A promising area for the prevention of mastitis in cows is the use of silver and zinc nanoparticles. In the preliminary phase, no significant differences were found in all indicators. It was found that the number of cows suffering from mastitis during the milking period with the experimental liners decreased, while the qualitative indices of the milk remained unchanged.

Key words: liners, milking machine, silver nanoparticles, zinc nanoparticles, mastitis.

References

1. Попов К.И., Филиппов А.Н., Хуршудян С.А. Food nanotechnology. Rossiyskiy khimicheskiy zhurnal (Zhurnal VKHO im. D.I. Mendeleyeva). 2009: 86–97. (In Rus.)
2. Попов К.И., Котова Н.Н., Осташенкова Н.В. Methodical aspects of analysis of silver nanoparticles in milk by transmission electron microscopy. Pishchevaya promyshlennost'. 2010: 36–38. (In Rus.)
3. Procedure and methods of control of nanoparticles migration from packaging materials. Guidelines (MU1.2.2637–10) – Moscow: Federal'nyy tsentr gigiyeny i epidemiologii Rospotrebнадзора. 2010: 35. (In Rus.)

4. *Rodionov G.V., Akinina N.V., Ermoshina E.V., Anan'eva T.V.* Control of inhibiting substances in milk. *Molochnaya promyshlennost'*. 2008: 17–18. (In Rus.)
5. Liners for milking machine, dia.22 mm, uniflex, square. [Electronic source]. URL: <https://www.sacmilking.ru/collection/doilnyy-apparatpodvesnayachast/product/13522-rezina-soskovaya-dlya-doilnogo-apparata-dia22-mm-uniflex-kvadratnaya> (Access date: 07.11.2021). (In Rus.)
6. *Popov K.I., Filippov A.N., Khurshudyan S.A.* Food nanotechnology *Rossiyskiy khimicheskiy zhurnal (Zhurnal VKHO im. D.I. Mendeleeva)*. 2009: 86–97. (In Rus.)
7. *Raspopov R.V., Gmoshinskiy I.V., Popov K.I.* Methods of control of nanoparticles in food products and biological objects. *Primeneniye mikroskopicheskikh i khromatograficheskikh metodov issledovaniya. Voprosy pitaniya*. 2012: 4–11. (In Rus.)
8. *Alipanah M., Kalashnikova L., Rodionov G.V.* Polymorphism Prolactin Loci in Russian Cattle. *Journal of Animal and Veterinary Advances*. 2007; 6; 6: 813–815.
9. *Safronov S.L., Sanganieva A.V., Chepushtanova O.V.* Comparative characteristic of cows of different origin on the suitability for machine milking. *Sostoyaniye i perspektivy razvitiya skotovodstva*. 2009: 138–142. (In Rus.)
10. *Soloviev S.A., Timirbaeva A.I., Olkhovatsky A.K.* Justification of the duration of service of teat rubber of milking machines *Trudy GOSNITI*. 2013; 113: 26–32. (In Rus.)

Родионов Геннадий Владимирович, доктор с.х. наук, профессор кафедры молочного и мясного скотоводства института зоотехнии и биологии РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (РФ, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49, телефон (915) 438–12–05, почта: grodionov@rgau-msha.ru)

Олесюк Анна Петровна, кандидат биологических наук, старший преподаватель кафедры молочного и мясного скотоводства института зоотехнии и биологии РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (РФ, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49, телефон (964) 876–16–20, почта: annakharkova58@mail.ru)

Пищиков Дмитрий Иванович, кандидат химических наук, консультант Научного центра «Малотоннажная химия» АО «Экос-1» (РФ, г. Москва, ул. Краснобогатырская, д. 42, стр.1, телефон (903) 722–94–07, почта: mit60@inbox.ru)

Gennadiy V. Rodionov, DSc (Ag), Professor, Department of Dairy and Meat Husbandry, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49, Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russian Federation; phone: (499) 977–40–40; E-mail: grodionov@rgau-msha.ru)

Anna P. Olesyuk, CSc (Bio), Senior Lecturer, Department of Dairy and Meat Husbandry, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49, Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russian Federation; phone: (964) 876–16–20; E-mail: annakharkova58@mail.ru)

Dmitriy I. Pishchikov, CSc (Chem), consultant AO Ecos-1, Scientific Center for Low-Tonnage Chemistry (41/1, Krasnobogatyrskaya, Str., Moscow, 107564, Russian Federation; phone: (903) 722–94–07; E-mail: mit60@inbox.ru)

АНАЛИЗ БИОФИЗИЧЕСКИХ КАЧЕСТВ ЯИЦ У КУР ПУШКИНСКОЙ И ЦАРСКОСЕЛЬСКОЙ ПОРОД С РАЗЛИЧНЫМИ АЛЛЕЛЬНЫМИ ВАРИАНТАМИ ГЕНА *LCORL*

М.В. ПОЗОВНИКОВА, Т.А. ЛАРКИНА, А.Б. ВАХРАМЕЕВ, З.Л. ФЕДОРОВА,
Н.Р. РЕЙНБАХ, А.Е. РЯБОВА, Н.В. ДЕМЕНТЬЕВА

(Всероссийский НИИ генетики и разведения сельскохозяйственных животных – филиал ФГБНУ Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста)

*Целью исследований явился анализ связи полиморфных вариантов гена *LCORL* по SNP A503G у кур пород пушкинская и царскосельская с качественными показателями яйца. Выборку составили куры комбинированного направления продуктивности пушкинской ($n = 107$) и царскосельской ($n = 90$) пород 2021 г. вывода. Птица содержалась в индивидуальных клетках на базе биоресурсной коллекции ВНИИГРЖ «Генетическая коллекция редких исчезающих пород кур» (г. Пушкин, Санкт-Петербург). Генотипирование птицы осуществляли методом ПЦР-ПДРФ. Оценку биофизических качеств яиц проводили у кур в возрасте 35 нед. Сравнительный анализ качественных характеристик яиц выявил межпородные различия. Так, яйца кур пушкинской породы по сравнению с яйцами кур царскосельской породы отличались высокой массой яйца ($p \leq 0,001$) и скорлупы ($p \leq 0,01$), толщиной скорлупы ($p \leq 0,01$), значениями ППФ ($p \leq 0,01$), но имели более тонкую подскорлупную оболочку ($p \leq 0,01$). Анализ связи SNP A503G гена *LCORL* показал, что яйцо, полученное от кур пушкинской породы с генотипом AG, отличалось высокими средними значениями толщины скорлупы ($p < 0,001$), массы скорлупы ($p < 0,05$) и массы желтка ($p < 0,01$). Для кур царскосельской породы значимые ассоциации получены для особей с генотипом AG по признаку массы желтка ($p < 0,05$). Основываясь на полученных данных, SNP A503G гена *LCORL* можно рекомендовать в качестве ДНК-маркера при селекции кур пушкинской и царскосельской пород для получения яиц с высокой массой желтка.*

Ключевые слова: ген, *LCORL*, SNP, качество яйца, курица, пушкинская порода кур, царскосельская порода кур

Введение

Основным источником птицеводческой продукции сегодня в России являются породы и популяции кур, отличающиеся высокой продуктивностью. Однако в последнее время возрастает интерес к местным популяциям кур, отличающимся хорошими продуктивными качествами и высокой адаптационной способностью, которые обусловлены особенностями геномной архитектуры. Особое место занимают куры комбинированного направления продуктивности. Сочетание мясных и яичных качеств в равной мере делает их оптимальными как объект для изучения генетических основ этих признаков [1].

Яйцо птиц является уникальным природным объектом. Во-первых, это цельная система, обеспечивающая рост эмбриона вне тела матери. Во-вторых, это полноценный пищевой продукт. Для правильного ведения племенной работы и получения как пищевых, так и инкубационных яиц высокого качества, проводится

контроль их биофизических параметров [2]. Генетическая составляющая вносит существенный вклад в формирование внутренних и внешних качественных характеристик яиц [3]. При этом наследуемость данных признаков варьирует от умеренной до высокой [4].

Ген *LCORL* состоит из 7 экзонов и кодирует лиганд-зависимый ядерный корепрессор (*LCORL*), который является транскрипционным фактором. Изучаемый ген ассоциирован с размерами скелета, массой внутренних органов, массой тела, размерами яйцевода у кур [5–8]. В предыдущей работе нами было обнаружено, что носители гетерозиготного генотипа по rs15619223, A > C гена *LCORL* обладали высоким уровнем яйценоскости и массой яйца [9]. Также в исследовании [10] rs14699480 в гене *LCORL* был ассоциирован с массой яйца.

Таким образом, целью исследований являлся анализ связи полиморфных вариантов гена *LCORL* по SNP A503G у кур пород пушкинская и царскосельская с качественными показателями яиц. В связи с поставленной целью решались следующие задачи:

1. Формирование двух экспериментальных групп кур пушкинской и царскосельской пород.
2. Генотипирование изучаемых пород птицы по SNP A503G гена *LCORL*.
3. Отбор и оценка яйца по качественным параметрам у кур пушкинской и царскосельской пород.
4. Анализ связи SNP A503G гена *LCORL* с некоторыми качественными показателями яиц.

Материал и методы исследований

Для исследований были сформированы две выборки кур пушкинской ($n = 107$) и царскосельской ($n = 90$) пород 2021 г. вывода. Птица содержалась в индивидуальных клетках на базе биоресурсной коллекции ВНИИГРЖ «Генетическая коллекция редких исчезающих пород кур» (г. Пушкин, Санкт-Петербург). ДНК выделяли из лейкоцитов крови стандартным методом фенол-хлороформной экстракции. Амплификацию проводили на приборе Thermal Cycler T100 (Bio-Rad, США) в режиме, включающем в себя 35 циклов: 30 сек. – 94°C, 30 сек. – 60°C, 30 сек. – 72°C, – с использованием праймеров F TTGTAGCCTGTGGGAGGGAT, R: TGGTCTTCCCTCATGGGACT. Для ПДРФ анализа использовали эндонуклеазу рестрикции BstMAI (СибЭнзим, Россия). Наличие сайта рестрикции определяли фрагменты 450 и 337 п.н. (аллель G), отсутствие сайта рестрикции визуализировало фрагмент размером 787 п.н. и соответствовало аллелю А.

Оценка качественных характеристик яйца производилась по достижении птицей возраста 35 нед. Измеряли показатель плотности фракций яичного белка «ППФ» (в геометрических градусах), ППФ (с поправкой на массу яйца), масса яйца (в граммах), индекс формы «ИФ» (отношение поперечного «малого» диаметра яйца к большому «продольному» в процентах), упругую деформацию «УД» (мкм), среднее (3 измерения), массу желтка (в граммах), толщину подскорлупной оболочки и скорлупы яйца (мкм), массу скорлупы яйца (в граммах), мраморность (баллы). От каждой курицы было получено и оценено до трех яиц (203 измерения для пушкинской породы и 220 измерений для царскосельской породы). Статистическую обработку данных проводили в программе STATISTICA 10.0 (Statsoft, Inc/TIBCO, Palo Alto, CA, USA) с применением ANOVA by ranks и критерия Крускала-Уоллиса.

Результаты и их обсуждение

На первом этапе исследований нами проведен сравнительный анализ качественных характеристик яиц кур разных пород. Результаты показали, что по средним значениям (рис. 1) наблюдались некоторые различия между группами кур разных пород. Яйца кур пушкинской породы по сравнению с яйцами кур царскосельской породы отличались высокими средними значениями массы яйца ($p \leq 0,001$) и скорлупы ($p \leq 0,01$), толщиной скорлупы ($p \leq 0,01$), значениями ППФ ($p \leq 0,01$), но имели более тонкую подскорлупную оболочку ($p \leq 0,01$).

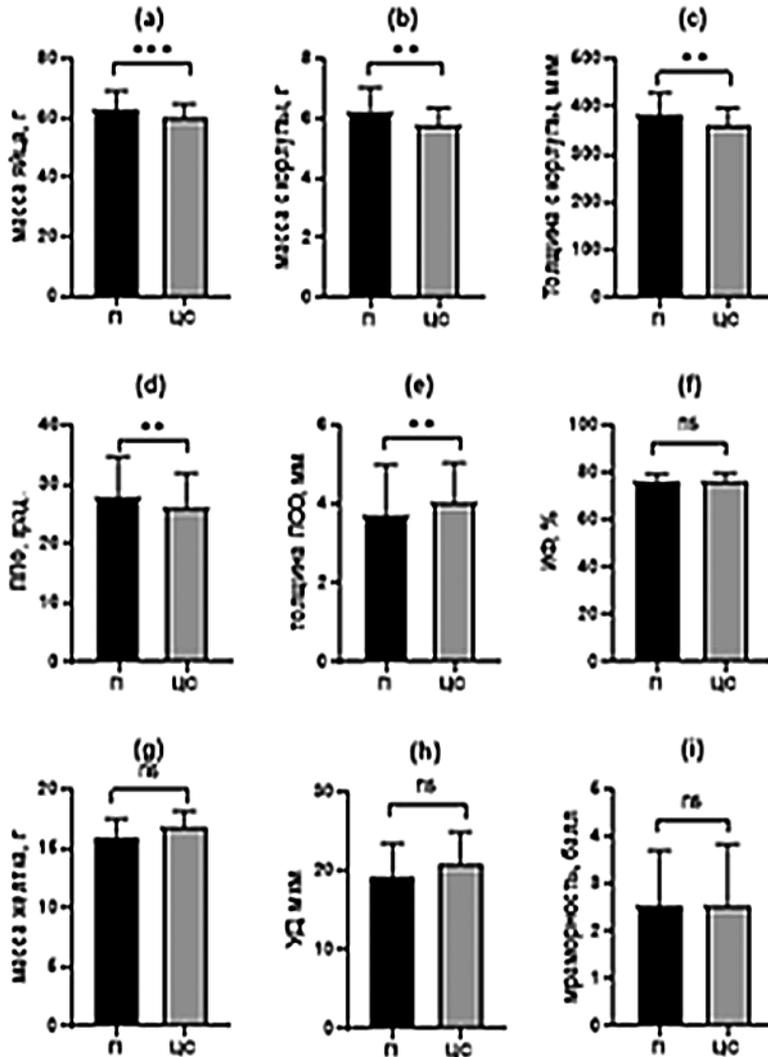


Рис. 1. Сравнительная оценка средних значений анализируемых качественных характеристик яиц кур пушкинской и царскосельской пород:
ЦС – царскосельская порода кур; П – пушкинская порода кур;
* $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$; ns – нет достоверных различий (t-test)

Для понимания механизмов формирования показателей качества яиц нами проведен анализ главных компонент. Наиболее значимыми переменными для качества яйца кур царскосельской породы оказались масса скорлупы, толщина

скорлупы, мраморность, то есть в их отношении был минимизирован либо равномерно упорядочен разброс переменных и проведена максимизация дисперсии относительно компоненты 2 (рис. 2а). Первая компонента выделяла в обособленную группу плотность фракций яичного белка и упругую деформацию, обозначая тем самым независимый (и в то же время сложный) характер изменчивости этих переменных.

С помощью визуализации на основе двух компонент изменчивости для качества яиц пушкинской породы (рис. 2б) было показано, что масса яйца, масса желтка и масса скорлупы – наиболее значимые переменные, а мраморность оказалась низковариабельной переменной. Первая компонента выделяла в обособленную группу плотность фракций яичного белка, упругую деформацию и индекс формы, обозначая тем самым независимый (и в то же время сложный) характер изменчивости этих переменных.

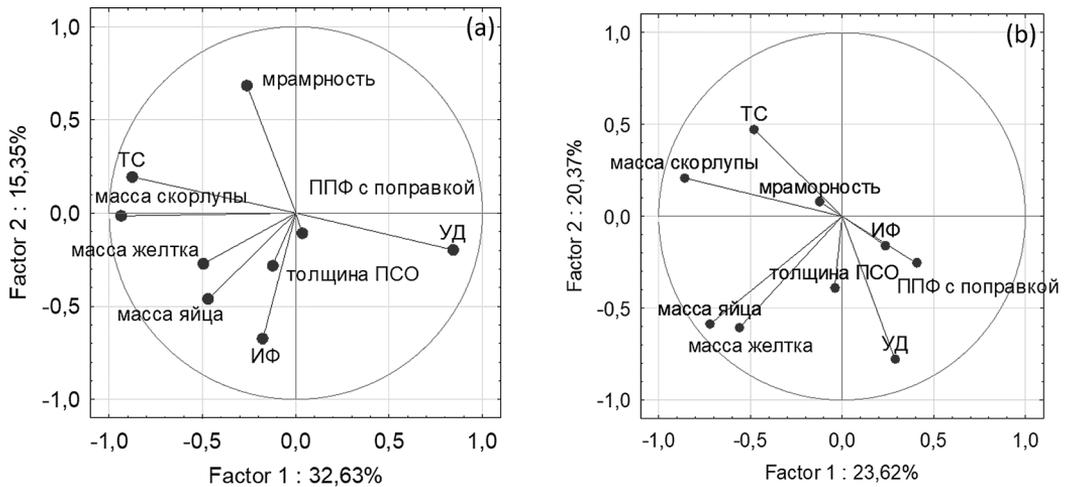


Рис. 2. Результаты анализа главных компонент по распределению показателей качества яиц кур царскосельской (а) и пушкинской (б) пород в связи с вариабельностью по двум факторным осям: Factor 1 – компонента 1; Factor 2 – компонента 2;

ППФ – плотность фракций яичного белка (с поправкой на массу яйца);
 ИФ – индекс формы; УД – упругая деформация;
 толщина ПСО – толщина подскорлупной оболочки; ТС – толщина скорлупы

Сравнительный анализ фенотипов яиц, полученных от кур пушкинской породы различных генотипов по гену *LCORL*, показал, что яйца кур с генотипом AA отличались меньшей массой, имели низкие значения массы скорлупы (к AG $p < 0,05$), массы желтка (к AG $p < 0,01$), толщины скорлупы (к GG $p < 0,01$ и к AG $p < 0,001$), но имели плотную подскорлупную оболочку (к GG $p < 0,05$) (табл. 1).

Сравнительный анализ средних значений качественных характеристик яйца царскосельской породы кур показал аналогичные результаты (табл. 2). Так, у кур с генотипом AA яйца имели меньшую массу, и соответственно наблюдалось снижение и значений составляющих яйца на фоне высоких значений толщины подскорлупной оболочки (AA к AG при $p = 0,06$). Высокие значения массы желтка получены у яиц кур с генотипом AG в сравнении с яйцами кур с генотипом GG ($p < 0,05$).

Таблица 1

Средние значения качественных характеристик яиц кур пушкинской породы различных генотипов по маркеру A503G гена *LCORL*

Показатель	Генотип ¹								
	AA (n = 50)			AG (n = 95)			GG (n = 58)		
	Mean	Std.Dev.	Std.Err	Mean	Std.Dev.	Std.Err	Mean	Std.Dev.	Std.Err
ППФ, °	27,43	6,18	0,87	27,57	7,15	0,73	28,37	6,62	0,87
ППФ, ° (с поправкой)	26,26	5,31	0,75	25,65	6,70	0,69	26,84	5,33	0,70
Масса яйца, г	61,95	5,76	0,82	63,20	5,97	0,61	62,55	5,58	0,73
ИФ, %	76,55	2,90	0,41	76,10	2,85	0,29	76,72	2,99	0,39
Толщина ПСО, мкм	3,99 ^c	1,28	0,18	3,69	1,09	0,11	3,50 ^d	1,51	0,20
ТС, мкм	363,3 ^{a,e}	48,4	6,80	389,8 ^f	40,7	4,20	388,6 ^b	46,2	6,10
Масса скорлупы, г	6,05 ^c	0,88	0,12	6,39 ^d	0,65	0,07	6,21	0,74	0,10
Мраморность, балл	2,52	1,13	0,16	2,51	1,23	0,13	2,62	1,07	0,14
Масса желтка, г	15,53 ^a	1,83	0,26	16,32 ^b	1,42	0,14	15,95	1,08	0,14
УД среднее, мкм	20,20	3,22	0,50	19,42	3,48	0,39	19,62	5,58	0,82

Примечание. ^{ab}p < 0,01; ^{cd}p < 0,05; ^{ef}p < 0,001. ПСО – подскорлупная оболочка; ТС – толщина скорлупы; ¹ – для каждого генотипа указано число наблюдений.

Таблица 2

Средние значения качественных характеристик яиц кур царскосельской породы различных генотипов по маркеру A503G гена *LCORL*

Показатель	Генотип ¹								
	AA (n = 89)			AG (n = 69)			GG (n = 62)		
	Mean	Std.Dev.	Std.Err	Mean	Std.Dev.	Std.Err	Mean	Std.Dev.	Std.Err
ППФ, °	26,03	5,44	0,58	26,31	5,60	0,67	26,40	5,98	0,76
ППФ, ° (с поправкой)	26,29	5,13	0,55	26,41	5,92	0,71	26,12	6,03	0,77
Масса яйца, г	59,56	4,23	0,45	59,83	4,39	0,53	60,46	6,10	0,77
ИФ, %	76,51	3,25	0,34	76,62	2,62	0,32	76,98	2,76	0,35
Толщина ПСО, мкм	4,16 ⁱ	1,04	0,11	3,86 ⁱ	1,01	0,12	4,06	0,94	0,12
ТС, мкм	365,2	35,1	3,80	356,4	32,3	3,90	360,6	38,4	4,90
Масса скорлупы, г	5,73	0,61	0,09	5,81	0,71	0,12	5,72	0,47	0,07
Мраморность, балл	2,57	1,27	0,13	2,48	1,24	0,15	2,63	1,33	0,17
Масса желтка, г	16,83	1,50	0,16	17,10 ^a	1,06	0,13	16,63 ^b	1,17	0,15
УД среднее, мкм	20,93	4,01	0,44	21,09	3,94	0,48	21,00	3,79	0,52

Примечание. ^{ab}p < 0,05; ⁱp = 0,06. ПСО – подскорлупная оболочка; ТС – толщина скорлупы; ¹ – для каждого генотипа указано число наблюдений.

Выводы

Проведен анализ связи SNP A503G гена *LCORL* с качественными характеристиками яиц кур комбинированного направления продуктивности – пушкинской и царскосельской пород. Результаты исследований показали, что яйца, полученные от кур с генотипом AA, отличались меньшими размерами, но высокими значениями толщины подскорлупной оболочки. Яйца кур с генотипом AG характеризовались высокой массой желтка. SNP A503G гена *LCORL* можно рекомендовать к использованию в MAS-селекции кур пушкинской и царскосельской пород с целью получения линий кур с высокими показателями качества яиц.

Исследование выполнено при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, тема ГЗ 0445–2021–0010

Библиографический список

1. Федорова З.Л. Генофондные породы кур – уникальный источник генетического материала для будущего птицеводства // Проблемы биологии продуктивных животных. – 2022. – № 3. – С. 54–62.
2. Царенко П.П., Васильева Л.Т. Методы оценки и повышения качества яиц сельскохозяйственной птицы: Учебное пособие. – СПб.: Издательство «Лань», 2016. – С. 280.
3. Goto T., Ohya K., Takaya M. Genotype affects free amino acids of egg yolk and albumen in Japanese indigenous breeds and commercial Brown layer chickens // Poult Sci. – 2022. – V. 101 (2). – Pp. 101582. Doi:10.1016/j.psj.2021.101582.
4. Rath P.K., Mishra P.K., Mallick B.K., Behura N.C. Evaluation of different egg quality traits and interpretation of their mode of inheritance in White Leghorns // Vet World. – 2015. – V. 8 (4). Pp. 449–452. Doi:10.14202/vetworld.2015.449–452.
5. Moreira G.C.M., Salvian M., Boschiero C., Cesar A.S.M., Reecy J.M., Godoy T.F., Ledur M.C., Garrick D., Mourão G.B., Coutinho L.L. Genome-wide association scan for QTL and their positional candidate genes associated with internal organ traits in chickens // BMC Genomics. – 2019. – V. 20 (1). – P. 669. Doi:10.1186/s12864-019-6040-3.
6. Dou T., Shen M., Ma M., Qu L., Li Y., Hu Y., Lu J., Guo J., Wang X., Wang K. Genetic architecture and candidate genes detected for chicken internal organ weight with a 600 K single nucleotide polymorphism array // Asian-Australasian Journal of Animal Sciences. – 2019. – V. 32. – Pp. 341–349. Doi:10.5713/ajas.18.0274.
7. Shen M., Qu L., Ma M., Dou T., Lu J., Guo J., Hu Y., Wang X., Li Y., Wang K., Yang N. A genome-wide study to identify genes responsible for oviduct development in chickens // PLoS One. – 2017. – V. 12. Doi:10.1371/journal.pone.0189955.
8. Yi G., Shen M., Yuan J., Sun C., Duan Z., Qu L., Dou T., Ma M., Lu J., Guo J., Chen S., Qu L., Wang K., Yang N. Genome-wide association study dissects genetic architecture underlying longitudinal egg weights in chickens // BMC Genomics. – 2015. – V. 16. – P. 746. Doi:10.1186/s12864-015-1945-y.
9. Дементьева Н.В., Ларкина Т.А., Митрофанова О.В., Федорова Е.С., Позднякова Т.Э. Связь однонуклеотидного полиморфизма в гене *LCORL* с продуктивными признаками кур // Птицеводство. – 2019. – № 5. – С. 14–17. Doi:10.33845/0033-3239-2019-68-5-14-17.
10. Wolc A., Arango J., Settar P., Fulton J.E., O'Sullivan N.P., Preisinger R., Habier D., Fernando R., Garrick D.J., Hill W.G., Dekkers J.C. Genome-wide association analysis and genetic architecture of egg weight and egg uniformity in layer chickens. Anim Genet // Anim Genet. – 2012. – V. 1. – Pp. 87–96. Doi: 10.1111/j.1365-2052.2012.02381.x.

ANALYSIS OF THE BIOPHYSICAL QUALITIES OF EGGS IN THE PUSHKINSK AND TZARSKOSEL'SKAYA HENS WITH VARIOUS ALLELIC VARIANTS OF THE LCORL GENE

M.V. POZOVNIKOVA, T.A. LARKINA, A.B. VAKHRAMEEV, Z.L. FEDOROVA,
N.R. REYNBAKH, A.E. RYABOVAN, N.V. DEMENT'EVA

(Russian Research Institute of Farm Animal Genetics and Breeding –
Branch of the L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry)

The aim of the study was to analyse the association of polymorphic variants of the LCORL gene for SNP A503G with egg quality in chickens of the Pushkin and Tsarskoye Selo breeds. The sample consisted of chickens of the combined productivity direction of the Pushkin (n=107) and Tsarskoye Selo (n=90) breeds of 2021 year of hatching. The birds were kept in individual cages on the basis of the bioresource collection of the RRIFAGB "Genetic Collection of Rare Endangered Breeds of Chickens" (Pushkin, St. Petersburg). The poultry were genotyped by PCR-RFLP. Biophysical properties of the eggs were evaluated in hens at 35 weeks of age. A comparative analysis of the qualitative characteristics of the eggs revealed some differences between the breeds. For example, the eggs from the Pushkin breed hens differed from the eggs of the Tsarskoye Selo hens in high egg weight ($p \leq 0.001$) and shell ($p \leq 0.01$), shell thickness ($p \leq 0.01$), PPF values ($p \leq 0.01$), but had a thinner shell membrane ($p \leq 0.01$). The analysis of the SNP A503G association with the LCORL gene showed that the eggs from the Pushkin chickens with the AG genotype had high mean values for shell thickness ($p < 0.001$), shell weight ($p < 0.05$) and yolk weight ($p < 0.01$). For chickens of the Tsarskoye Selo breed, significant associations were obtained for chickens with the AG genotype on the basis of yolk weight ($p < 0.05$).

Key words: gene, LCORL, SNP, egg quality, chicken, Pushkin breed of chickens, Tsarskoye Selo breed of chickens.

Acknowledgements

The research was supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, theme GZ 0445–2021–0010.

References

1. Fedorova Z.L. Gene pool breeds of chickens – a unique source of genetic material for the future of poultry. Problemy biologii produktivnykh zhivotnykh. 2022; 3: 54–62. (In Rus.)
2. Tsarenko P.P., Vasilyeva L.T. Methods for assessing and improving the quality of poultry eggs. Petersburg: Izdatel'stvo "Lan", 2016: 280. (In Rus.)
3. Goto T., Ohya K., Takaya M. Genotype affects free amino acids of egg yolk and albumen in Japanese indigenous breeds and commercial Brown layer chickens. Poult Sci. 2022; 101(2): 101582. DOI: 10.1016/j.psj.2021.101582
4. Rath P.K., Mishra P.K., Mallick B.K., Behura N.C. Evaluation of different egg quality traits and interpretation of their mode of inheritance in White Leghorns. Vet World. 2015; 8(4): 449–452. DOI: 10.14202/vetworld.2015.449–452
5. Moreira G.C.M., Salvian M., Boschiero C., Cesar A.S.M., Reecy J.M., Godoy T.F., Ledur M.C., Garrick D., Mourão G.B., Coutinho L.L. Genome-wide association scan for QTL and their positional candidate genes associated with internal organ traits in chickens. BMC Genomics. 2019; 20(1): 669. DOI: 10.1186/s12864-019-6040-3

6. Do T., Shen M., Ma M., Qu L., Li Y., Hu Y., Lu J., Guo J., Wang X., Wang K. Genetic architecture and candidate genes detected for chicken internal organ weight with a 600 K single nucleotide polymorphism array. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 2019; 32: 341–349. DOI:10.5713/ajas.18.0274

7. Shen M., Qu L., Ma M., Dou T., Lu J., Guo J., Hu Y., Wang X., Li Y., Wang K., Yang N. A genome-wide study to identify genes responsible for oviduct development in chickens. *PLoS One*. 2017; 12. DOI:10.1371/journal.pone.0189955

8. Yi G., Shen M., Yuan J., Sun C., Duan Z., Qu L., Dou T., Ma M., Lu J., Guo J., Chen S., Qu L., Wang K., Yang N. Genome-wide association study dissects genetic architecture underlying longitudinal egg weights in chickens. *BMC Genomics*. 2015; 16: 746. DOI:10.1186/s12864-015-1945-y

9. Dementieva N.V., Larkina T.A., Mitrofanova O.V., Fedorova E.S., Pozdnyakova T.E. The relationship of single nucleotide polymorphism in the LCORL gene with the productive traits of chickens. *Ptitsevodstvo*. 2019; 5: 14–17. DOI: 10.33845/0033-3239-2019-68-5-14-17 (In Rus.)

10. Wolc A., Arango J., Settar P., Fulton J.E., O'Sullivan N.P., Preisinger R., Habier D., Fernando R., Garrick D.J., Hill W.G., Dekkers J.C. Genome-wide association analysis and genetic architecture of egg weight and egg uniformity in layer chickens. *Anim Genet*. 2012;1: 87–96. DOI: 10.1111/j.1365-2052.2012.02381.x

Позовникова Марина Владимировна, канд. биол. наук, старший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных, филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста»; 196625, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург, пос. Тярлево, Московское шоссе, 55а; e-mail: pozovnikova@gmail.com

Ларкина Татьяна Александровна, канд. биол. наук, младший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных, филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста»; 196625, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург, пос. Тярлево, Московское шоссе, 55а; e-mail: tanya.larkina2015@yandex.ru

Вахрамеев Анатолий Борисович, старший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных, филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста»; 196625, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург, пос. Тярлево, Московское шоссе, 55а; e-mail: ab_poultry@mail.ru

Федорова Зоя Леонидовна, канд. с.-х. наук, старший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных, филиал Федерального государственного бюджетного исследовательского учреждения «Федеральный научный центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста»; 196625, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург, пос. Тярлево, Московское шоссе, 55а; e-mail: zoya-fspb@mail.ru

Рейнбах Наталья Романовна, аспирант, младший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных, филиал Федерального государственного бюджетного

научного учреждения «Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста»; 196625, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург, пос. Тярлево, Московское шоссе, 55а; e-mail: miss.reynbax@yandex.ru

Рябова Анна Евгеньевна, аспирант, младший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных, филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста»; 196625, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург, пос. Тярлево, Московское шоссе, 55а; e-mail: aniuta.riabova2016@yandex.ru

Наталья Викторовна Дементьева, канд. биол. наук, ведущий научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных, филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста»; 196625, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург, пос. Тярлево, Московское шоссе, 55а; e-mail: dementevan@mail.ru

Marina V. Pozovnikova, CSc (Bio), Senior Research Associate, the Russian Research Institute of Farm Animal Genetics and Breeding – Branch of the L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry (55a, Moskovskoe Highway, Tyarlevo settlement, St. Petersburg, 196625, Russian Federation; E-mail: pozovnikova@gmail.com)

Tatyana A. Larkina, CSc (Bio), Junior Research Associate, the Russian Research Institute of Farm Animal Genetics and Breeding – Branch of the L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry (55a, Moskovskoe Highway, Tyarlevo settlement, St. Petersburg, 196625, Russian Federation; E-mail: tanya.larkina2015@yandex.ru)

Anatoly B. Vakhrameev, Senior Senior Research Associate, the Russian Research Institute of Farm Animal Genetics and Breeding – Branch of the L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry (55a, Moskovskoe Highway, Tyarlevo settlement, St. Petersburg, 196625, Russian Federation; E-mail: ab_poultry@mail.ru)

Zoya L. Fedorova, CSc (Ag), Senior Senior Research Associate, the Russian Research Institute of Farm Animal Genetics and Breeding – Branch of the L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry (55a, Moskovskoe Highway, Tyarlevo settlement, St. Petersburg, 196625, Russian Federation; E-mail: zoya-fspb@mail.ru)

Natalya R. Reynbakh, post-graduate student, Junior Research Associate, the Russian Research Institute of Farm Animal Genetics and Breeding – Branch of the L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry (55a, Moskovskoe Highway, Tyarlevo settlement, St. Petersburg, 196625, Russian Federation; E-mail: miss.reynbax@yandex.ru)

Anna E. Ryabova, post-graduate student, Junior Research Associate, the Russian Research Institute of Farm Animal Genetics and Breeding – Branch of the L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry (55a, Moskovskoe Highway, Tyarlevo settlement, St. Petersburg, 196625, Russian Federation; E-mail: aniuta.riabova2016@yandex.ru)

Natalia V. Dementieva, CSc (Bio), Leading Research Associate, the Russian Research Institute of Farm Animal Genetics and Breeding – Branch of the L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry (55a, Moskovskoe Highway, Tyarlevo settlement, St. Petersburg, 196625, Russian Federation; E-mail: dementevan@mail.ru)

ВЛИЯНИЕ ПРОБИОТИКА «ЭНЗИМСПОРИН» НА МОРФОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ГИБРИДА ЛЕНСКОГО ОСЕТРА И БЕЛУГИ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ В АКВАКУЛЬТУРЕ

Г.И. ПРОНИНА¹, Э.В. БУБУНЕЦ¹, А.П. ГЛЕБОВ², Р.В. ЖЕЛАНКИН³

(¹Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; ²Центральный филиал ФГБУ «Главрыбвод»; ³ГБУ «Мосветобъединение»)

*Для устойчивого роста, повышения резистентности и эффективности усвоения корма целесообразным является применение пробиотиков. В настоящее время существуют коммерческие пробиотические продукты, приготовленные из бактерий *Bacillus sp.*, *Lactobacillus sp.*, *Enterococcus sp.*, *Carnobacterium sp.* Использование пробиотической добавки «Энзимспорин» в рыбоводстве находится в зачаточном состоянии, однако имеются сведения об эффективности выращивания радужной форели при его применении. В этой связи актуальной задачей является исследование влияния пробиотика «Энзимспорина» на морфофизиологические показатели молоди гибрида ленского осетра и белуги (ленбела) в существующих условиях культивирования. На начальном этапе рыбы были подразделены на 8 групп по 50 рыб по принципу пар аналогов. Крупные и мелкие особи подразделялись на 4 группы: контрольная и опытные – с дозой внесения Энзимспорина 1 г/кг; 1,5 г/кг; 2 г/кг корма соответственно. Продолжительность опыта составила 60 дней. Тотальные обловы проводились в начале и конце опыта, промежуточные – каждые 15 сут. Индивидуально взвешивалось 25–35% от общего количества рыбы в бассейне. Физиологическое состояние и иммунный статус ленбела оценивался по гематологическим и цитохимическим показателям. Кровь для анализа отбиралась из хвостовой вены рыб прижизненно. Состав лейкоцитов и долю незрелых форм клеток определяли в окрашенных по Паппенгейму мазках периферической крови на цифровом микроскопе. Фагоцитарная активность нейтрофилов рыб оценивалась с помощью лизосомально-катионного теста цитохимическим методом с бромфеноловым синим. За 2 мес. опыта основные гидрохимические показатели (рН, нитриты, нитраты, аммоний), температура воды и содержание растворенного в ней кислорода находились в пределах технологических норм. Лучшие абсолютные и относительные показатели роста получены в опытных группах, получавших пробиотик в дозе 1,5 г/кг корма. У этих рыб были отмечены высокие показатели: абсолютный и относительный прирост, абсолютная и относительная скорость роста, коэффициент массонакопления. Лучшая выживаемость зафиксирована в группе мелких годовиков ленбела при дозе пробиотика 2 г/кг корма. У крупных рыб максимальная выживаемость (80%) отмечена при дозе Энзимспорина 1 г/кг. В нейтрофилах крови рыб опытных групп достоверно больше лизосомального катионного белка – активация клеточного иммунитета.*

Ключевые слова: Энзимспорин, ленбел, абсолютные и относительные показатели роста, гематологические и цитохимические показатели

Введение

Рыбы при выращивании подвергаются воздействию негативных факторов, связанных с интенсивными технологиями [20]. Водная среда, которая постоянно находится в контакте с рыбой, должна иметь приемлемое качество с точки зрения ее биологических, химических и физических свойств.

О важности изучения влияния абиотических факторов на гидробионтов и их гибридные формы указывают как ученые-классики, так и современные исследователи [2–4,

7, 14]. Чтобы сохранить поголовье рыб, важно, чтобы изменение биотических и абиотических факторов было постепенным, поскольку быстрое изменение термических и гидрохимических параметров может привести к серьезному стрессу, снижению устойчивости к болезням, а в критических случаях – к гибели рыбы [22].

Использование пробиотиков в практике аквакультуры обусловлено необходимостью повышения резистентности водных организмов, их устойчивого роста и эффективностью усвоения корма. Позже пробиотики стали применяться для улучшения качества воды и для борьбы с бактериальными инфекциями. Нами уже отмечалось, что несбалансированность кормов приводит к повышению содержания жира в мышцах, а при более продолжительном применении – и в гонадах [10].

Имеются документальные доказательства того, что пробиотики могут улучшать усвояемость питательных веществ, повышать толерантность лососевых к стрессу [5] и стимулировать их размножение [19]. В настоящее время существуют коммерческие пробиотические продукты, приготовленные из различных видов бактерий – таких, как *Bacillus* sp., *Lactobacillus* sp., *Enterococcus* sp., *Carnobacterium* sp., дрожжи *Saccharomyces cerevisiae* и др. Показана способность *Bacillus* sp. уменьшить долю *Vibrio* sp. в прудах с креветками, особенно в донных отложениях [21, 24].

В открытом доступе есть данные о применении различных пробиотиков в осетроводстве [1, 6, 13]. Кормовая пробиотическая добавка «Энзимспорин» используется для оптимизации процессов пищеварения, повышения продуктивности и сохранности свиней, крупного рогатого скота и сельскохозяйственной птицы, но в рыбоводстве практически не испытана. Однако проведенные исследования показали ее эффективность при выращивании радужной форели [12]. В этой связи представляется целесообразным провести исследования по применению пробиотика «Энзимспорин» при выращивании осетровых рыб.

Цель исследований: определить влияние пробиотика «Энзимспорин» на морфофизиологические показатели гибрида ленского осетра и белуги (ленбел) при выращивании в аквакультуре в возрасте 1 год.

Материал и методы исследований

Объектом для проведения эксперимента в производственных условиях послужили 4 группы мелких (начальная масса – 134–157 г) и 4 группы крупных (начальная масса – 190–264 г) особей по 50 рыб по принципу аналогов гибридов ленского осетра и белуги (ленбел) в возрасте годовиков. Из них одна контрольная и три опытных группы, отличающиеся количеством внесенного в корм Энзимспорина: 1 г/кг; 1,5 г/кг; 2 г/кг корма соответственно. Пробиотик вносили в корм путем опрыскивания и высушивания на воздухе при комнатной температуре. Корм давали по рассчитанным нормам в зависимости от массы рыб.

Продолжительность опыта составила 2 мес. (60 дней). Оценка гидрохимических показателей производилась ежедневно по общепринятым методикам [2]. Тотальные обловы проводились в начале и конце опыта, контрольные (промежуточные) – каждые 15 сут. В результате индивидуально взвешивалось 25–35% от общего количества рыбы в бассейне.

Масса тела рыбы определялась индивидуальным взвешиванием. Приросты и скорость роста в контрольных и опытных группах рассчитывались в соответствии с рекомендациями А.П. Завьялова и Ю.И. Есавкина [9].

Физиологическое состояние и иммунный статус рыб оценивался по гематологическим и цитохимическим показателям. Кровь для анализа отбиралась из хвостовой вены рыб прижизненно. Состав лейкоцитов и долю незрелых форм клеток определяли в окрашенных

по Паппенгейму мазках периферической крови на цифровом микроскопе Биолаб ЛЮМ 11, Россия [18].

Фагоцитарная активность нейтрофилов рыб оценивалась с помощью лизосомально-катионного теста цитохимическим методом с бромфеноловым синим, адаптированным для гидробионтов [17].

Средний цитохимический коэффициент (СЦК) рассчитывали по формуле [22]:

$$\text{СЦК} = \frac{0 \times N_0 + 1 \times N_1 + 2 \times N_2 + 3 \times N_3}{100},$$

где N_0, N_1, N_2, N_3 – количество нейтрофилов с активностью 0, 1, 2, 3 баллов соответственно; $N_0 + N_1 + N_2 + N_3 = 100$.

Статистическую обработку цифровых материалов производили в Microsoft Excel с использованием общепринятых методов вариационной статистики [11, 16], достоверность различий оценивали по критерию Стьюдента.

Результаты и их обсуждение

За 2 месяца опыта основные гидрохимические показатели (рН, нитриты, нитраты, аммоний), температура воды и содержание растворенного в ней кислорода находились в пределах технологических норм.

Анализируя полученные результаты, можно констатировать: в группе мелких годовиков ленбела полученная разность начальной и конечной массы является недостоверной, тогда как в группе крупных достоверность разности этих показателей между контрольной и опытными группами сохранилась; лучшие абсолютные и относительные показатели роста получены в опытных группах, получавших пробиотик в дозе 1,5 г/кг корма (табл. 1). Так, по сравнению с контролем в мелких и крупных группах величины абсолютного прироста и абсолютной скорости роста были выше на 9,0% и 10,4%, относительный

Таблица 1

Основные показатели роста двух групп годовиков Ленбела

Показатели	Контроль	Мелкие				Крупные			
		Опыт, 1 г/кг	Опыт, 1,5 г/кг	Опыт, 2 г/кг	Контроль	Опыт, 1 г/кг	Опыт, 1,5 г/кг	Опыт, 2 г/кг	
M_0 , г	146,6±23,3	152,0±19,4	133,6±13,4	156,4±16,3	264,4±21,5	201,6±16,4*	189,6±20,3*	199,6±18,2*	
M_k , г	329,3±35,1	340,0±15,6	332,8±15,1	318,3±17,2	443,4±25,2	346,0±34,3*	387,3±17,7*	356,7±22,9*	
A, г/шт.	182,70	188,00	199,20	161,90	179,00	144,40	197,70	157,10	
O, %	55,48	55,29	59,86	50,86	40,37	41,73	51,05	44,04	
C, г/сут.	3,05	3,13	3,32	2,70	2,98	2,41	3,30	2,62	
$C_{\text{вр}}$, %	1,28	1,27	1,42	1,14	0,84	0,88	1,14	0,94	
Kм	0,0816	0,0821	0,0908	0,0720	0,0604	0,0578	0,0772	0,0624	
Выживаемость, %	60,0	56,0	58,0	72,0	70,0	80,0	60,0	60,0	

*Различия достоверны по сравнению с контролем ($P \leq 0,05$).

прирост – на 7,9 и 26,4%, относительная скорость роста – на 11,3 и 35,5%, коэффициент массонакопления – на 11,3 и 27,8% соответственно. Однако лучшая выживаемость (72%) зафиксирована в группе мелких годовиков Ленбела при дозе пробиотика 2 г/кг корма, что на 12% выше контроля, на 16 и 14% выше в других опытных группах. У крупных рыб максимальная выживаемость (80%) отмечена при дозе «Энзимспорина» 1 г/кг.

Вероятно, более высокая выживаемость и, как следствие, увеличенная плотность посадки не позволили в полной мере реализовать абсолютные и относительные показатели роста. В этой связи при выращивании ленбела с начальной массой 130–160 г можно рекомендовать внесение в корма Энзимспорина в дозировке 1,5–2,0 г/кг, для годовиков массой 190–200 г – 1,0–1,5 г/кг. Для уточнения дозировки необходимо проведение дальнейших исследований.

При сравнении показателей крови было выявлено, что добавление пробиотика не вызвало достоверных изменений общего числа эритроцитов и лейкоцитов в крови рыб (табл. 2).

Таблица 2

Гематологические и цитохимические показатели годовиков гибрида (ленбел)

Показатели	Контроль	Опыт	Норма для осетровых рыб*
Гематологические показатели			
Общее число эритроцитов, 10 ¹² шт/л	1,49±0,05	1,66±0,07	1,5–2,5
Общее число лейкоцитов, 10 ⁶ шт/л	27,2±2,1	33,4±1,9	25–50
Эритрограмма, %			
Эритробласты	1,2±0,2	0,7±0,2	0–3
Нормобласты	3,1±0,3	1,4±0,5*	0–8
Зрелые эритроциты	95,7±0,5	97,9±0,5	79–99
Лейкоцитарная формула, %			
Миелобласты	0	0	0–1
Промиелоциты	0	0	0–2
Миелоциты	0	2,8±0,2*	0–8
Метамиелоциты	0,6±0,4	0,6±0,2	0–13
Палочкоядерные нейтрофилы	2,1±0,9	0,8±0,4	0–14
Сегментоядерные	2,6±0,5	1,4±0,9	0–19
Эозинофилы	13,2±2,9	7,8±1,1*	0–15
Базофилы	0,4±0,2	0,2±0,2	0–1
Моноциты	0,4±0,2	1,2±0,2*	0–9
Лимфоциты	80,7±3,1	85,2±0,8	72–91
Лизомально-катионный тест			
СЦК, ед.	1,05±0,04	1,52±0,10*	0,8–2,1

*[8, 15].

Интенсивность эритропоэза в опытной группе снизилась по сравнению с контролем судя по доле незрелых клеток эритроидного ряда (нормобластов). Однако при применении пробиотика у годовиков ленбела отмечена большая доля бластных форм лейкоцитов (миелоцитов) в лейкограмме (рис. 1). Энзимспорин вызвал увеличение процента моноцитов, что может свидетельствовать об усилении фагоцитарной активности. В норме относительное количество эозинофилов в крови рыб является невысоким. В опыте доля эозинофилов была оптимальной, в контроле – близко к верхней границе нормы. Вероятно, данный факт связан с нормализацией микрофлоры кишечника рыб опытных групп за счет пробиотика.

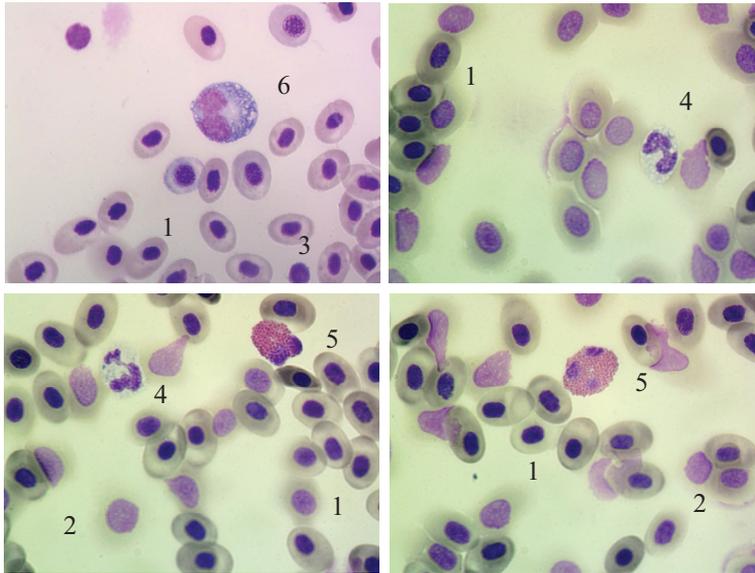
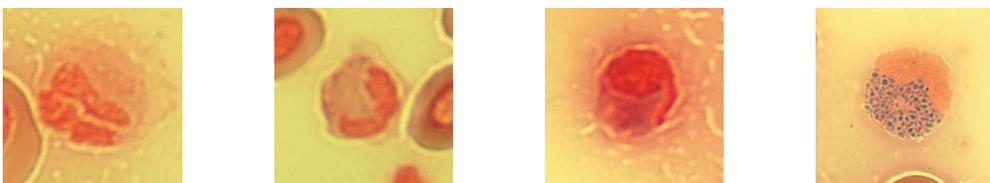


Рис. 1. Картина крови ленбела (увеличение $\times 100$). Форменные элементы:
 1 – зрелые эритроциты; 2 – нормобласт; 3 – лимфоцит;
 4 – сегментоядерный нейтрофил; 5 – эозинофил; 6 – базофил

Содержание неферментного катионного белка в лизосомах нейтрофилов периферической крови определялось микроскопически на цифровом микроскопе Биолаб 11 (Россия). По степени фагоцитарной активности исследуемые клетки были подразделены на 4 группы (рис. 2):

- 0 степень – гранулы катионного белка отсутствуют;
- 1 степень – единичные гранулы;
- 2 степень – гранулы занимают примерно 1/3 цитоплазмы;
- 3 степень – гранулы занимают 1/2 цитоплазмы и более.

В нейтрофилах крови рыб опытных групп достоверно больше лизосомального катионного белка – активация клеточного иммунитета (табл. 2).



0 степень активности 1 степень активности 2 степень активности 3 степень активности
Рис. 2. Выпавший катионный белок в нейтрофилах ленбела в реакции с бромфеноловым синим

Выводы

Таким образом, лучшие абсолютные и относительные показатели роста получены в опытных группах, получавших пробиотик в дозе 1,5 г/кг корма. Эту норму можно рекомендовать при выращивании ленбела массой от 130 до 400 г. Очевидно, что дальнейшие исследования на особей массой 130–150 г по влиянию Энзимспорина необходимо проводить в интервале дозировки 1,5–2,0 г/кг корма, на особей массой 190–250 г – в интервале 1,0–1,5 г/кг корма.

Применение Энзимспорина вызвало уменьшение доли бластных форм эритроцитов в эритрограмме и усиление лейкопоза (по лейкограмме). При использовании пробиотика активировался клеточный иммунитет: происходило увеличение доли фагоцитирующих клеток – моноцитов в лейкоцитарной формуле, увеличивалось содержание катионного белка в лизосомах микрофагов – нейтрофилов.

Библиографический список

1. *Абросимова К.С.* Изменение липидного обмена молоди бестера в процессе развития тимпании // Журнал фундаментальных и прикладных исследований Астраханского государственного университета. Естественные науки. – 2011. – № 1 (34). – С. 85–90.
2. *Бессонов Н.М.* Рыбохозяйственная гидрохимия / Н.М. Бессонов, Ю.А. Привезенцев. – Москва: Агропромиздат, 1987. – 158,[1] с.: ил., карт.; 22 см.
3. *Бубунец Э.В.* К вопросу об оценке температурных условий при культивировании осетровых в тепловодных хозяйствах // Рыбное хозяйство – 2017. – № 2. – С. 75–79.
4. *Бурцев И.А., Николаев А.И., Сафронов А.С., Зуевский С.Е., Ефимов А.Б., Дудин К.В.* Пути повышения эффективности промышленного воспроизводства осетровых рыб // Воспроизводство естественных популяций ценных видов рыб. – СПб.: ГосНИОРХ, 2010. – С. 29–31.
5. *Дементьев Д.С., Калайда М.Л.* Использование кормовой добавки на основе продуктов пчеловодства «Винивет» и минеральной цеолитсодержащей добавки «ZEOL» в кормлении стальноголового лосося // Зоотехния. – 2021. – № 9. – С. 23–27.
6. *Жандалгарова А.Д., Поляков А.В., Бахарева А.А., Грозеску Ю.Н.* Использование пробиотических препаратов с иммуномодулирующим действием в кормах для осетровых рыб при садковом выращивании // Известия Самарского научного центра РАН. – 2018. – Т. 20, № 2. – С. 107–111.
7. *Жигин А.В.* Выращивание осетровых в замкнутых системах // Обзорная информация. Прибрежное рыболовство и аквакультура. – 2006. – Вып. 2. – 52 с.
8. *Житенева Л.Д., Макаров Э.В., Рудницкая О.А.* Основы ихтиогематологии (в сравнительном аспекте) = The fundamentals of ichthyohematology (in comparative aspects) / Л.Д. Житенева, Э.В. Макаров, О.А. Рудницкая; Федер. гос. унитар. предприятие «Азов. науч.-исслед. ин-т рыб. хоз-ва». – Ростов н/Д: Эверест, 2004. – 311 с.: ил.; 20 см.; ISBN5–7509–0011–8 (в пер.)
9. *Завьялов А.П., Есавкин Ю.И.* Модель массонакопления и ее использование в рыбоводстве: Учебное пособие. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2011. – 110 с.
10. *Кленьшин С.А., Есавкин Ю.И., Бубунец Э.В., Жигин А.В., Панов В.П., Грикшас С.А, Золотова А.В.* Результаты выращивания молоди ленского осетра (*Acipenser baerii* Brandt) в УЗВ на различных рецептурах кормов // Рыбное хозяйство. – 2021. – № 5. – С. 89–96.
11. *Лакин Г.Ф.* Биометрия: Учебное пособие для биологических специальностей вузов. – М.: Высшая школа, 1990. – 351 с.

12. *Есавкин Ю.И., Жигин А.В., Максименкова А.А.* Влияние кормовой добавки «Энзимспорин» на физиолого-биохимические показатели радужной форели в садках на теплых водах // Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. – 2020. – № 4. – С. 36–40.
13. *Маммаев М.А. и др.* Структура оболочек икры стерляди при выращивании в установке с замкнутым циклом водоснабжения // Ветеринария и кормление. – 2020. – № 7. – С. 32–34.
14. *Николюкин Н.И.* Отдаленная гибридизация осетровых и костистых рыб [Текст]: Теория и практика. – Москва: Пищ. пром-сть, 1972. – 335 с.: ил.; 21 см.
15. *Плохинский Н.А.* Биометрия [Текст] / Акад. наук СССР. Сиб. отд-ние. – Новосибирск: Изд-во Сиб. отд-ния АН СССР, 1961. – 364 с.: граф.; 27 см.
16. *Пронина Г.И.* Нормы гематологических, цитохимических и биохимических показателей для оценки состояния здоровья рыб и речных раков в аквакультуре: Утв. НТС Департамента ветеринарии Минсельхоза РФ 25 августа 2021 г. – М., 2020.
17. *Пронина Г.И.* О возможностях повышения иммунной устойчивости гидробионтов в аквакультуре // Известия Оренбургского ГАУ. – 2014. – № 3. – С. 180–183.
18. *Пронина Г.И., Корягина Н.Ю.* Методология физиолого-иммунологической оценки гидробионтов: Учебное пособие. – СПб.: Лань, 2017. – 96 с.
19. *Cruz P.M., Ibáñez A.L, Hermosillo O.A.M., Saad H.C.R.* Use of probiotics in aquaculture // ISRN Microbiol. – 2012. – Oct. – 16:916845. Doi:10.5402/2012/916845. PMID: 23762761; PMCID: PMC3671701.
20. *Gormaz J.G., Fry J.P., Erazo M., Love D.C.* Public Health Perspectives on Aquaculture // Curr Environ Health Rep. – 2014. – Jul. – 15; 1 (3):227–238. Doi:10.1007/s40572-014-0018-8. PMID: 25152863; PMCID: PMC4129235.
21. *Irianto A., Austin B.* Probiotics in aquaculture // Journal of Fish Diseases. – 2002. – № 25 (11). – Pp. 633–642.
22. *Ikeogu F.C., Nsofor C.I. and Ikpeze O.O.* A review of risk factors for fish diseases in aquatic environments // Proceedings of the 6th National Conference of the Society for Occupational Safety and Environmental Health (SOSEH). Princess Alexandra Auditorium, University of Nigeria, Nsukka, Enugu State, Nigeria. – 2010. – № 3–6. – November.
23. *Kaplow L.S.* A histochemical procedure for localizing and evaluating leukocyte alkaline phosphatase activity in smears of blood and marrow // Blood. – 1955. – № 10. – Pp. 1023–1029.
24. *Wang Y.B., Li J.R., Lin J.* Probiotics in aquaculture: challenges and outlook // Aquaculture. – 2008. – № 281. – Pp. 1–4.

EFFECT OF THE PROBIOTIC “ENZIMSPORIN”
ON THE MORPHOPHYSIOLOGICAL PARAMETERS OF THE LENA
STURGEON AND BELUGA HYBRID IN AQUACULTURE

G.I. PRONINA¹, E.V. BUBUNETS¹, A.P. GLEBOV³, R.V. ZHELANKIN⁴

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

²Central Branch of the FSFI “Glavrybvod”,

³State budgetary association “Mosvetobedinenie”)

The use of probiotics is recommended for sustainable growth, increased resistance and efficiency of feed assimilation. Currently, there are commercial probiotic products prepared from the bacteria Bacillus sp., Lactobacillus sp., Enterococcus sp., Carnobacterium sp. The use of the probiotic supplement “Enzimsporin” in fish farming is in its infancy. However, information

is available on the effectiveness of its use in rainbow trout. In this regard, an urgent task is to study the effect of the probiotic “Enzimsporin” on the morphophysiological parameters of the juvenile hybrid of Lena sturgeon and beluga (Lenbel) under existing cultivation conditions. At the initial stage, the fish were divided into 8 groups of 50 fish each according to the principle of pairs of analogues. Large and small individuals were divided into four groups: control and experimental with a dose of Enzimsporin of 1 g/kg, 1.5 g/kg and 2 g/kg of feed, respectively. The duration of the experiment was 60 days. Total catches were made at the beginning and end of the experiment, and intermediate catches were made every 15 days, individually weighing 25–35% of the total number of fish in the pool. The physiological state and immune status of Lenbel were assessed by hematological and cytochemical parameters. Blood for analysis was collected from the caudal vein of fish in vivo. Leukocyte composition and the proportion of immature cell types were determined in Pappenheim-stained peripheral blood smears under a digital microscope. The phagocytic activity of fish neutrophils was evaluated by a lysosomal cation test using a cytochemical method with bromophenol blue. During the two months of the experiment, the main hydrochemical parameters (pH, nitrites, nitrates, ammonium), water temperature and the dissolved oxygen content were within the technological norms. The best absolute and relative growth rates were obtained in the experimental groups receiving a probiotic at a dose of 1.5 g/kg of feed. These fish had high indicators: absolute and relative growth, absolute and relative growth rate, mass accumulation coefficient. The best survival rate was recorded in the group of small yearlings of Lenbel at a probiotic dose of 2 g/kg of feed. In large fish, the maximum survival rate (80%) was recorded at a dose of 1 g/kg of “Enzimsporin”. There is significantly more lysosomal cationic protein in the blood neutrophils of the experimental groups – activation of cellular immunity.

Key words: *Enzymosporin, Lenbel, absolute and relative growth indicators, hematological and cytochemical indicators.*

References

1. *Abrosimova K.S.* Changes in the lipid metabolism of juvenile bester during the development of tympania. *Zhurnal fundamental'nykh i prikladnykh issledovaniy Astrahanskogo gos. universiteta. Estestvennye nauki.* 2011; 1 (34): 85–90. (In Rus.)
2. *Bessonov N.M., Privezencev YU.A.* Fishery hydrochemistry. M.: Agropromizdat, 1987: 159. (In Rus.)
3. *Bubunec E.V.* K voprosu ob ocenke temperaturnykh uslovij pri kul'tivirovanii osetrovyyh v teplovodnykh hozyajstvakh. *Rybnoe khozyaystvo.* 2017; 2: 75–79. (In Rus.)
4. *Burtsev I.A., Nikolaev A.I., Safronov A.S., Zuevskiy S.E., Efimov A.B., Dudin K.V.* Puti povysheniya effektivnosti promyshlennogo vosproizvodstva osetrovyyh ryb. *Vosproizvodstvo estestvennykh populyatsiy tsennykh vidov ryb.* SPb: GosNIORKh. 2010: 29–31. (In Rus.)
5. *Dement'ev D.S., Kalayda M.L.* Use of a feed additive based on beekeeping products “Vinivet” and a mineral zeolite-containing additive “ZEOL” in feeding rainbow trout. *Zootekhnika.* 2021; 9: 23–27. (In Rus.)
6. *Zhandalgarova A.D., Polyakov A.V., Bakhareva A.A., Grozesku Yu.N.* Use of probiotic preparations with immunomodulatory action in feeding sturgeons in cage rearing. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN.* 2018; 20; 2: 107–111. (In Rus.)
7. *Zhigin A.V.* Vyrashchivanie osetrovyyh v zamknutykh sistemakh. M.: Pribrezhnoe rybolovstvo i akvakul'tura: obzornaya informatsiya, 2006; 2: 52. (In Rus.)
8. *Zhiteneva L.D., Makarov E.V., Rudnitskaya O.A.* Fundamentals of ichthyohematology (in a comparative aspect). Rostov-na-Donu: Everest, 2004: 312. (In Rus.)
9. *Zav'yalov A.P., Esavkin Yu.I.* Model of mass accumulation and its use in fish farming: Textbook. M.: Izd-vo RGAU-MSKhA imeni K.A. Timiryazeva, 2011: 110. (In Rus.)

10. *Klen'shin S.A., Esavkin Yu.I., Bubunets E.V., Zhigin A.V., Panov V.P., Griks-has S.A., Zolotova A.V.* Results of growing juvenile Lena sturgeon (*Acipenser baerii* Brandt) in RAS on various feed formulations. M.: Rybnoe khozyaystvo. 2021; 5: 89–96. (In Rus.)
11. *Lakin G.F.* Biometrics: [textbook for biological specialties of universities]. M.: Vysshaya shkola, 1990: 351. (In Rus.)
12. *Esavkin Yu.I., Zhigin A.V., Maksimenkova A.A.* Effect of the feed additive “Enzymosporin” on the physiological and biochemical parameters of rainbow trout in cages on warm waters. *Teoreticheskie i prikladnye problemy agropromyshlennogo kompleksa.* 2020; 4: 36–40. (In Rus.)
13. *Mammaev M.A. et al.* Structure of sterlet caviar shells when grown in a plant with a closed water supply cycle. Moscow, “Veterinariya i kormlenie”. 2020; 7: 32–34. (In Rus.)
14. *Nikolyukin N.I.* Distant hybridization of sturgeon and bony fishes. Theory and practice. M.: Pishchevaya promyshlennost', 1972: 335. (In Rus.)
15. *Plokhinskiy N.A.* Biometrics. Novosibirsk: Novosibirskoe otdelenie AN SSSR, 1961: 361. (In Rus.)
16. *Pronina G.I.* Norms of hematological, cytochemical and biochemical indicators for assessing the health status of fish and crayfish in aquaculture. Approved by the Scientific and Technical Council of the Veterinary Department of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation dated 25.08.2021. M., 2020. (In Rus.)
17. *Pronina G.I.* On the possibilities of increasing the immune resistance of hydrobionts in aquaculture. *Izvestiya Orenburgskogo GAU.* 2014; 3: 180–183. (In Rus.)
18. *Pronina G.I., Koryagina N.Yu.* Methodology of physiological and immunological evaluation of aquatic organisms. Textbook. SPb: Lan', 2017: 96. (In Rus.)
19. *Cruz P.M., Ibáñez A.L., Hermosillo O.A.M., Saad H.C.R.* Use of probiotics in aquaculture. *ISRN Microbiol.* 2012 Oct 16; 916845. DOI: 10.5402/2012/916845. PMID: 23762761; PMCID: PMC3671701
20. *Gormaz J.G., Fry J.P., Erazo M., Love D.C.* Public Health Perspectives on Aquaculture. *Curr Environ Health Rep.* 2014 Jul 15; 1(3): 227–238. DOI: 10.1007/s40572-014-0018-8. PMID: 25152863; PMCID: PMC4129235.
21. *Irianto A, Austin B.* Probiotics in aquaculture. *Journal of Fish Diseases.* 2002; 25(11): 633–642.
22. *Ikeogu F.C., Nsofor C.I. and Ikepeze O.O.* A review of risk factors for fish diseases in aquatic environments. Proceedings of the 6th National Conference of the Society for Occupational Safety and Environmental Health (SOSEH). November 3–6, 2010. Princess Alexandra Auditorium, University of Nigeria, Nsukka, Enugu State, Nigeria.
23. *Kaplow L.S.* A histochemical procedure for localizing and evaluating leukocyte alkaline phosphatase activity in smears of blood and marrow. *Blood.* 1955; 10: 1023–1029.
24. *Wang Y.B., Li J.R., Lin J.* Probiotics in aquaculture: challenges and outlook. *Aquaculture.* 2008; 281: 1–4.

Пронина Галина Иозепоовна, профессор, д-р биол. наук, доцент, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, кафедра аквакультуры и пчеловодства; 127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: gidrobiont4@yandex.ru; тел.: (903) 173–62–47

Бубунец Эдуард Владимирович, доцент, д-р с.-х. наук, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, кафедра аквакультуры и пчеловодства; 127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: ed_fish_69@mail.ru; тел.: (926) 426–04–86

Глебов Александр Павлович, главный рыбовод, Центральный филиал федерального государственного бюджетного учреждения «Главное бассейновое управление по рыболовству и сохранению водных биологических ресурсов» (Центральный филиал ФГБУ «Главрыбвод»), отдел воспроизводства водных биоресурсов; 117105, Российская Федерация, г. Москва, Варшавское шоссе, 39А; e-mail: glebov74@rambler.ru

Желанкин Роман Викторович, ветеринарный врач, ГБУ «Московское объединение ветеринарии» (ГБУ «Мосветобъединение»); 115419, Российская Федерация, г. Москва, ул. Донская, 37, корп. 3; e-mail: zhelankin86@mail.ru; тел.: (965) 198–38–08

Galina I. Pronina, DSc (Bio), Associate Professor, Professor of the Department of Aquaculture and Beekeeping, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49, Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russian Federation; phone: (903) 173–62–47; E-mail: gidrobiont4@yandex.ru)

Eduard V. Bubunets, DSc (Ag), Associate Professor, Department of Aquaculture and Beekeeping, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49, Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russian Federation; phone: (926) 426–04–86; E-mail: ed_fish_69@mail.ru)

Alexandr P. Glebov, Chief Fish Breeder, Department of Reproduction of aquatic biological Resources, Central Branch of the Federal State Budgetary Institution “Main Basin Department for Fisheries and Conservation of Aquatic Biological Resources” (Central Branch of the Federal State Budgetary Institution “Glavrybvod”) (39A, Varshavskoe Highway, Moscow, 117105, Russian Federation; E-mail: glebov74@rambler.ru)

Roman V. Zhelankin, veterinarian, SBA “Moscow Veterinary Association” (State budgetary association “Mosvetobedinenie”) (37 building 3, Donskaya Str., Moscow, 115419, Russian Federation; phone: (965) 198–38–08; E-mail: zhelankin86@mail.ru)

СТРАТЕГИЧЕСКИЕ ПРИОРИТЕТЫ РАЗВИТИЯ ОТРАСЛИ ВИНОГРАДАРСТВА НА ПРИМЕРЕ РЕСПУБЛИКИ ДАГЕСТАН

Ш.И. ШАРИПОВ¹, И.Н. РЫКОВА², А.А. ЮРЬЕВА²

(¹ Научно-исследовательский институт управления, экономики, политики и социологии
ГАОУ ВО «Дагестанский государственный университет народного хозяйства;

² ФГБУ «Научно-исследовательский финансовый институт»
Министерства финансов Российской Федерации)

В статье приведены результаты исследований по отрасли виноградарства в Республике Дагестан в части динамических изменений в ретроспективном периоде показателей, характеризующих развитие отрасли в регионе. Цель исследований – комплексный анализ и оценка развития отрасли виноградарства в республике для выявления основных тенденций, характеризующих развитие отрасли, в условиях реализации стратегических задач региона в данной сфере. Анализ базировался на использовании количественных, статистических и сравнительных методов, а также методов аналогии, синтеза и обобщения полученных данных. Актуальность исследований обусловлена необходимостью оценки достижения региональных стратегических задач в сфере восстановления и развития виноградарства в республике и разработке дальнейших мероприятий по развитию отрасли. Научная новизна заключается в систематизации и оценке состояния отрасли виноградарства в Республике Дагестан с использованием комплексного подхода к анализу, включающего в себя оценку всей совокупности показателей производственного процесса: от цикла производства до оценки потребительских цен на виноград. Результаты исследований в условиях положительных тенденций развития отрасли виноградарства в Республике Дагестан показали наличие значительного потенциала в регионе для наращивания производственных мощностей отрасли виноградарства и увеличения объема производимой продукции в целях реализации взаимной торговли как внутри республики и в регионах, так и на экспорт.

Ключевые слова: виноградарство, площадь многолетних насаждений, валовые сборы, урожайность, экспорт, импорт, цены производителей, потребительские цены

Введение

В 2021 г. доля Республики Дагестан в общей площади виноградных насаждений Российской Федерации составляла 26,38%, в площади виноградников в плодоносящем возрасте – 27,79%. В части валовых сборов винограда на долю Дагестана приходится 32,65% от общего объема в целом по стране. Развитие виноградарства в республике имеет большое значение для экономики Дагестана и является важной стратегической задачей региона. На протяжении нескольких лет сельскохозяйственным товаропроизводителям отрасли виноградарства в республике оказывалась существенная государственная поддержка, включающая в себя целый комплекс инструментов стимулирующего и компенсирующего характера [1, 2].

Проблемы, препятствующие развитию отрасли виноградарства как в Российской Федерации, так и в Республике Дагестан, а также перспективы развития данной отрасли нашли отражение в научных трудах многих авторов [3–6].

Актуальными остаются вопросы эффективности мер государственной поддержки агропромышленного комплекса страны, в том числе отрасли виноградарства, в части развития отечественного питомниководства, сельскохозяйственного страхования [7, 8], комплексного интегрирования налоговых, бюджетных, ценовых, кредитных инструментов поддержки в стратегию импортозамещения [9]. В научных исследованиях отдельных авторов также освещаются проблемы технической и технологической оснащенности отраслей сельского хозяйства [10, 11], отсутствия квалифицированных кадров и пр.

В современных условиях все большую актуальность приобретают задачи, направленные на повышение экспортного потенциала агропромышленного комплекса страны, расширение географии сбыта сельскохозяйственной продукции, увеличение доли продукции высокого передела в экспорте [12], а также снижение транспортно-логистических издержек внутри страны.

Материал и методы исследований

Методология исследования базировалась на применении комплексного подхода к анализу данных в трехлетнем ретроспективном периоде, полученных из официальных открытых источников: Росстат и его территориальные подразделения, Федеральная таможенная служба России, Первое независимое рейтинговое агентство Fira, официальные сайты органов государственной власти (Министерство сельского хозяйства России, Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Дагестан, Федеральная налоговая служба России и пр.) и др.

Исследования осуществлялись с использованием сравнительных методов, а также методов аналогии, синтеза и обобщения полученных данных. В выборку исследований были включены динамические ряды по следующим показателям:

- площади многолетних виноградных насаждений, в том числе в плодоносящем возрасте;
- валовые сборы винограда, урожайность культуры;
- экспорт и импорт винограда, в том числе свежего, сушеного, столового, в разрезе стран – получателей импортных поставок, ввозимых сортов, таможенных постов ввоза;
- сравнительный анализ экспортных и импортных цен на виноград, цен производителей и потребительских цен.

Научная значимость исследований заключается в применении комплексного подхода к анализу состояния отрасли виноградарства в Республике Дагестан, включающего в себя оценку совокупности показателей производственного процесса: от цикла производства до оценки потребительских цен на виноград.

Практические результаты, полученные в ходе исследований, могут быть как использованы для дальнейшего проведения анализа в части оценки состояния и развития отрасли виноградарства в Республике Дагестан, так и положены в основу обоснования изменения стратегических задач и региональной политики по дальнейшему развитию отрасли с учетом результатов, полученных в ходе реализации запланированных мероприятий.

Цель исследований: комплексный анализ и оценка развития отрасли виноградарства в Республике Дагестан в ретроспективном трехлетнем периоде в целях выявления положительной/отрицательной динамики основных показателей,

характеризующих развитие отрасли, в условиях реализации стратегических задач региона в данной сфере, исследование причинно-следственных связей и последствий выявленных изменений в отрасли.

Результаты и их обсуждение

В настоящее время на региональном уровне в части развития отрасли виноградарства в Республике Дагестан реализуются задачи, направленные на импортозамещение винограда, вывод дагестанской виноградарской продукции на конкурентоспособный уровень на внутреннем и внешнем рынках, повышение качества производимой продукции до мировых стандартов. В целях решения указанных задач в регионе реализуется целый комплекс мероприятий, одним из которых является увеличение площадей виноградных насаждений с приоритетом увеличения насаждений технических сортов винограда. Так, в течение трехлетнего периода проведения анализа (2019–2021 гг.) в хозяйствах всех категорий Республики Дагестан наблюдается увеличение площади виноградных насаждений, в том числе в плодоносящем возрасте (табл. 1, рис. 1). Увеличение площадей виноградных насаждений осуществлялось в первую очередь в соответствии с региональной программой региона, так как развитие отрасли виноградарства является приоритетной задачей республики, оказывая прямое влияние на экономику субъекта.

В результате реализации программных мероприятий темп роста виноградных насаждений в плодоносящем возрасте превысил темп роста общей площади виноградных насаждений в Республике Дагестан в целом за период проведения анализа (101,44% против 110,46%).

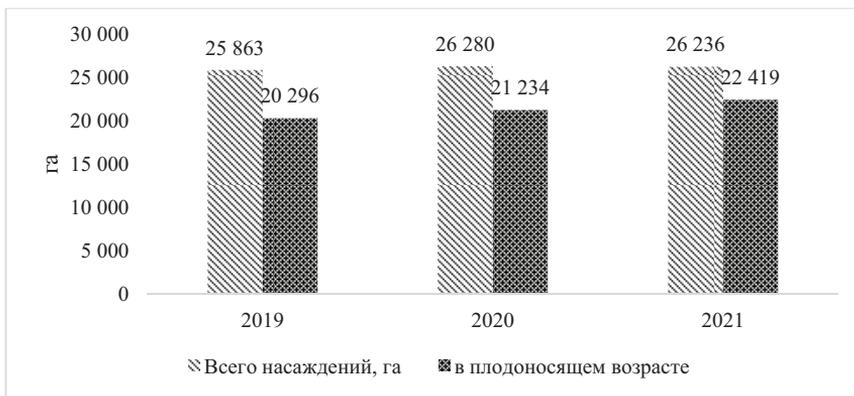


Рис. 1. Динамика изменения площади виноградных насаждений в Республике Дагестан в 2019–2021 гг., га (расчеты авторов по данным Росстата)

На сельскохозяйственные организации (табл. 1) республики приходится 63,15% от общей площади виноградных насаждений региона и 63,85% от общей площади виноградных насаждений региона в плодоносящем возрасте, так как именно данная категория сельскохозяйственных производителей формирует сырьевую базу для перерабатывающих предприятий региона. При этом по данной категории сельскохозяйственных товаропроизводителей в период проведения анализа отмечалось увеличение плодоносящей площади виноградных насаждений и урожайности винограда с 90 ц/га в 2019 г. до 105 ц/га в 2021 г. при одновременном снижении общей площади виноградных насаждений, что обусловлено внедрением новых агротехнологических методов выращивания винограда.

Особое внимание в республике уделяется решению проблем обеспечения сельскохозяйственных товаропроизводителей посадочным материалом высокого качества, особенно в части саженцев местного происхождения. В рамках ее решения в Сулейман-Стальском районе Республики Дагестан создан первый питомник по производству виноградных саженцев, где наряду с международными сортами будут выращиваться и автохтонные сорта винограда. При этом уже в плановом периоде 2024 г. будет выращено порядка 5 млн саженцев, что соответствует 30% потребности российского рынка (по данным Министерства сельского хозяйства Республики Дагестан).

Таблица 1

Динамика площади, валовых сборов и урожайности виноградных насаждений в Республике Дагестан в 2019–2021 гг. (расчеты авторов по данным Росстата)

Наименование	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2021/2019 гг., %
Хозяйства всех категорий				
Всего насаждений, га	25 863	26 280	26 236	101,44
в том числе:				
в плодоносящем возрасте	20 296	21 234	22 419	110,46
Валовой сбор, ц	1932 294	2089 450	2378 531	123,09
Урожайность, ц с 1 га убранный площади	105	104	112	106,26
Сельскохозяйственные организации				
Всего насаждений, га	16 766	16 758	16 569	98,83
в том числе:				
в плодоносящем возрасте	13 326	13 803	14 315	107,42
Валовой сбор, ц	1023 977	1236 352	1384 636	135,22
Урожайность, ц с 1 га убранный площади	90	98	105	117,06

Увеличение валового сбора винограда в Республике Дагестан на период окончания проведения анализа составило 23,09%, при темпе роста урожайности (в среднем по всем категориям хозяйств) 106,26% (2021/2019 гг., %) – увеличение на 8 ц/га.

Доля сельскохозяйственных организаций в 2021 г. в общем объеме валовых сборов винограда в республике составляла 58,21%. При этом в динамике трехлетнего периода увеличение валовых сборов винограда в регионе сельскохозяйственными организациями составило 35,22%, происходило более быстрыми темпами на фоне роста урожайности, чем в среднем по хозяйствам всех категорий региона.

Увеличение валовых сборов винограда в республике также во многом обусловлено выведением новых сортов и клонов местных сортов, районированных по Дагестану, обладающих более высокими свойствами продуктивности и комплексной устойчивостью к стрессфакторам биотического и абиотического характера [13–15]. Так, в последние годы в республике выведены и переданы на государственное испытание более 30 сортов и клонов местных дагестанских сортов, районировано

по Дагестану 9 новых сортов: столовые – Везне, Дольчатый, Каспаровский, Мускат дербентский, Мускат транспортабельный, Хатми; технические – Слава Дербента; клоновые – Аг изюм урожайный, Гюляби урожайный, Хатми урожайный. В настоящее время проходят госиспытание новые сорта: Янтарь дагестанский, Кишмиш дербентский и Булатовский, Заря Дербента, Эльдар, Леки**.

Увеличению валовых сборов винограда в Республике Дагестан способствовало и активное внедрение системы капельного полива виноградников, которая, будучи одной из самых эффективных и экономичных систем орошения, по сравнению с традиционными способами полива позволяет значительно увеличивать урожай.

Наибольшая площадь виноградных насаждений в Республике Дагестан по итогам 2021 г. приходилась на следующие районы республики: Дербентский (29,74% от общей площади в 2021 г.); Каякентский (15,26%); Карабудахкентский (7,14%); Магарамкентский (7,05%); город Дербент (8,03%). При этом 63,15% от общей площади виноградных насаждений в указанных районах также принадлежит сельскохозяйственным организациям.

Отдельно следует отметить стимулирование со стороны региона (предоставление инвесторам гранта на развитие материально-технической базы и прочие меры поддержки) инвестиционной активности по строительству и вводу в эксплуатацию новых виноградохранилищ, позволяющих увеличивать объемы закладки и сроки хранения винограда местного производства с сохранением вкусовых и потребительских качеств.

Достигнутые в регионе результаты по закладке площадей виноградников и увеличению валовых сборов винограда, повышению урожайности сортов и пр. позволяют реализовывать республике очередные стратегические задачи в плановом периоде, направленные на увеличение темпов и объемов виноградарской производственной деятельности в регионе.

На фоне значительного развития отечественной отрасли виноградарства объем экспорта винограда из России в 2021 г. (табл. 2) составил 3432 тыс. долл. США в стоимостном выражении с темпом роста 154,80% (2021/2019 гг., %) и 4927 т в натуральном измерении с темпом роста 195,13% (2021/2019 гг., %). При этом в течение трехлетнего периода проведения анализа значительно возрос объем экспорта из России продукции с высокой добавленной стоимостью, что обусловлено реализацией государственных мероприятий по поддержке экспорта переработанной продукции АПК. Так, экспорт винограда сушеного вырос в 2,1 раза в стоимостном выражении и в 2,7 раза в натуральном измерении. Доля винограда сушеного в общем объеме экспорта винограда из России в стоимостном выражении увеличилась с 39,87% в 2019 г. до 54,84% в 2021 г. Одновременно с этим доля экспорта винограда свежего снизилась с 60,13% в 2019 г. до 45,16% в 2021 г. в стоимостном выражении и с 75,01 до 65,60% в натуральном измерении.

Основные объемы экспорта и свежего и сушеного винограда из России в анализируемый период приходились на 4 страны: Украину, Беларусь, Монголию и Казахстан (табл. 2).

Результаты анализа имеющихся данных показали, что несмотря на большие объемы производства свежий виноград экспортируется из СКФО в небольших объемах и ориентирован на внутренний потребительский рынок страны (табл. 3), и это связано также с особенностями производственных процессов по переработке винограда внутри регионов винодельческими предприятиями. Экспорт винограда свежего из Республики Дагестан в 2021 г. не осуществлялся, в 2019–2021 гг. в объеме соответственно 2 и 1 т экспортировался виноград свежий из Дагестана в Казахстан.

¹ ФГБНУ «Дагестанская селекционная опытная станция виноградарства и овощеводства». – URL: <https://dagsosvio.ru/> (дата обращения: 03.02.2022).

Таблица 2

**Экспорт винограда (свежего, сушеного) из России
в 2019–2021 гг. (расчеты авторов по данным ФТС, Fira)**

Наименование	Страна	2019 г.		2020 г.		2021 г.		За январь 2022 г.	
		тыс. долл.	т	тыс. долл.	т	тыс. долл.	т	тыс. долл.	т
Виноград свежий и сушеный (0806)		2217	2525	2181	3144	3432	4927	215	361
Виноград свежий	ВСЕГО	1333	1894	873	2150	1550	3232	101	196
	Украина	438	1152	613	1781	891	2551	30	74
	Беларусь	625	453	88	89	312	196	–	–
	Монголия	171	180	113	152	184	334	70	120
	Казахстан	69	55	43	24	75	54	–	–
Виноград сушеный	ВСЕГО	884	631	1308	994	1882	1695	114	165
	Украина	530	441	542	483	730	674	35	45
	Монголия	45	27	259	151	450	560	74	117
	Беларусь	155	63	224	164	354	231	0,729	0,334
	Казахстан	102	56	255	175	309	207	2	1

Таблица 3

**Экспорт свежего винограда из СКФО
в 2019–2021 гг. (расчеты авторов по данным ФТС, Fira)**

Регион	Страна	2019 г.		2020 г.		2021 г.	
		тыс. долл.	т	тыс. долл.	т	тыс. долл.	т
СКФО	ВСЕГО	3	2	11	19,5	0,664	2
	Абхазия	–	–	7	18	–	–
	Казахстан	3	2	2	1	–	–
	Украина	–	–	–	–	0,664	2
Ставропольский край	Украина	–	–	0,071	0,041	0,664	2
Республика Дагестан	Казахстан	3	2	2	1	–	–
Республика Северная Осетия-Алания	Абхазия	–	–	7	18	–	–
Чеченская Республика	–	–	–	2	0,5	–	–

Аналогичная ситуация отмечается по экспорту сушеного винограда из СКФО, осуществлявшегося только в 2019 г. из Республики Северная Осетия-Алания и Ставропольского края в Абхазию (табл. 4).

Таблица 4

**Экспорт сушеного винограда из СКФО
в 2019–2021 гг. (расчеты авторов по данным ФТС, Fira)**

Регион	Страна	2019 г.		2020 г.		2021 г.	
		тыс. долл.	т	тыс. долл.	т	тыс. долл.	т
СКФО	ВСЕГО	5,09	1,05	–	–	–	–
	Абхазия	5	1	–	–	–	–
Ставропольский край	–	0,093	0,05	–	–	–	–
Республика Северная Осетия-Алания	–	5	1	–	–	–	–

Экспорт техники для выращивания винограда из России осуществлялся:

– в 2020 г. в Польшу (на сумму 192 тыс. долл. США) и Узбекистан (64 тыс. долл. США) – оборудование для виноделия;

– в 2021 г. в Армению (на сумму 206 тыс. долл. США) – комбайны виноградоуборочные.

В анализируемый период экспорт техники для выращивания винограда из Республики Дагестан не осуществлялся.

В небольших объемах осуществляется экспорт продуктов переработки винограда из России: в 2021 г. объем экспорта масла из виноградных косточек составил всего 2 т в натуральном измерении, или 14 тыс. долл. США стоимостном выражении. Экспорт продуктов переработки винограда из Республики Дагестан в анализируемый период не осуществлялся.

Объем импорта винограда в Россию в 2021 г. составил 408 413 тыс. долл. США в стоимостном выражении с темпом роста 114,61% (2021/2019 гг., %) и 355 095 т в натуральном измерении с темпом роста 115,96% (2021/2019 гг., %). При этом на фоне увеличения объемов импорта свежего винограда в Россию в 2019–2021 гг. по винограду сушеному отмечается снижение объемов импорта на 48,66% (в 2021 г. по сравнению с 2019 г.) в стоимостном выражении, и на 43,55% – в натуральном измерении, что обусловлено увеличением объемов производства данной категории продукции внутри страны.

В целом за период проведения анализа доля импорта винограда свежего в общем объеме импорта винограда в Россию увеличилась с 88,48% в 2019 г. до 94,84% в 2021 г. в стоимостном выражении (с 92,23 до 96,21% в натуральном измерении).

Основные объемы импорта свежего винограда в Россию в анализируемый период приходились на Турцию, Индию, Молдову и Перу, винограда сушеного – на Чили, Узбекистан, Турцию и Афганистан (табл. 5).

Наибольший объем импорта свежего винограда в СКФО в период трехлетнего ретроспективного анализа (табл. 6) отмечался в 2021 г., составляя всего 0,12% от общего объема импорта свежего винограда в Россию в стоимостном выражении и 0,82% – в натуральном измерении. При этом в Республику Дагестан импорт

винограда свежего осуществлялся только в 2021 г. (180 тыс. долл. США в стоимостном выражении, или 224 т в натуральном измерении), соответственно импортировался виноград свежий в Дагестан из Грузии.

Небольшие объемы импорта винограда как в СКФО, так и в Дагестан, обусловлены в первую очередь наличием значительных объемов собственного производства данной культуры, которые превышают необходимый уровень самообеспеченности.

В период 2019–2021 гг. импорт сушеного винограда в СКФО, в том числе в Республику Дагестан, не осуществлялся.

В 2021 г. осуществлялся импорт в Россию оборудования для виноделия на общую сумму 7777 тыс. долл. США, комбайнов виноградоуборочных – на сумму 2017 тыс. долл. США (табл. 7). При этом в 2020 г. наибольший объем импорта пришелся на оборудование для виноделия: в основном из Германии – на сумму 10834 тыс. долл. и Испании – на сумму 2840 тыс. долл.

В 2019 и 2021 гг. отмечался импорт оборудования для виноделия производства сидра, фруктовых соков или аналогичных напитков в Республику Дагестан на общую сумму 1646 тыс. долл. США. В 2020 и 2021 гг. в Республику также импортировали части прессов, дробилок и аналогичных машин для виноделия, производства сидра, фруктовых соков или аналогичных напитков на общую сумму 12 тыс. долл. США. Очевидно, в современных условиях в республике сохраняется зависимость от импортной техники для выращивания винограда, а также техники для его переработки, что является сдерживающим фактором для дальнейшего успешного развития отрасли.

Таблица 5

**Импорт винограда (свежего, сушеного) в Россию
в 2019–2022 гг. (расчеты авторов по данным ФТС, Fira)**

Коды ТН ВЭД	Страна	2019 г.		2020 г.		2021 г.		С 01.01.2022 г. по 15.06.2022 г.	
		тыс. долл.	т	тыс. долл.	т	тыс. долл.	т	тыс. долл.	т
Виноград свежий и сушеный (0806)		356 343	306 221	379 362	332 162	408 413	355 095	142 082	79 247
Виноград свежий	ВСЕГО	315 293	282 433	358 330	318 725	387 339	341 642	130 322	71 539
	Турция	106 134	101 719	113 914	115 279	112 323	109 901	37	34
	Индия	45 924	30 482	40 219	23 416	34 274	21 708	37 563	18 812
	Молдова	34 239	38 385	31 262	30 908	32 883	35 320	15 522	12 163
	Перу	17 587	10 510	18 875	10 466	26 356	13 825	25 870	12 367
Виноград сушеный	ВСЕГО	41 050	23 788	21 032	13 437	21 074	13 453	11 760	7 708
	Чили	8 308	3 911	6 039	2 953	7 402	3 668	2 509	1 203
	Узбекистан	7 402	5 621	4 628	3 953	3 862	3 445	5 096	4 171
	Турция	5 682	2 333	5 778	2 426	4 436	2 039	2 366	1 056
	Афганистан	3 706	2 489	2 797	2 057	4 068	3 250	–	–

**Импорт свежего винограда в СКФО
в 2019–2021 гг. (расчеты авторов по данным ФТС, Fira)**

Наименование региона	Страна	2019 г.		2020 г.		2021 г.	
		тыс. долл.	т	тыс. долл.	т	тыс. долл.	
СКФО	ВСЕГО	388	609	30	72	499	590
	Индия	231	138	–	–	–	–
	Египет	67	37	–	–	90	50
	Турция	–	–	14	20	–	–
	Азербайджан	–	–	–	–	176	251
	Грузия	–	–	–	–	230	284
	Армения	72	415	16	52	–	–
	Туркмения	18	19	–	–	–	–
Ставропольский край	–	370	591	30	72	288	328
Республика Дагестан	Грузия	–	–	–	–	180	224
Кабардино-Балкарская Республика	–	18	18	–	–	–	–
Республика Северная Осетия-Алания	–	–	–	–	–	31	38

Импорт продуктов переработки винограда (масла из виноградных косточек) в Россию составил в 2021 г. 271 тыс. долл. США (увеличение на 2,26% по сравнению с 2019 г. в стоимостном выражении), или 75 т (снижение на 35,89% по сравнению с 2019 г. в натуральном измерении). Импорт продуктов переработки винограда (масла из виноградных косточек) в Республику Дагестан в анализируемый период не осуществлялся.

Импорт свежего столового винограда в Россию за 7 мес. 2022 г. (по сравнению с аналогичным периодом 2021 г.) увеличился на 19448 тыс. долл. США и составил 167557 тыс. долл. США в стоимостном измерении, или на 2339 т, составив 90673 т в натуральном выражении (табл. 8).

В таблице 8 представлены ТОП-10 получателей импортируемого свежего столового винограда в Россию. Следует отметить, что в 2022 г. доля указанных получателей в общем объеме импортируемого свежего столового винограда существенно снизилась по сравнению с данными за аналогичный период 2021 г. При этом 2 (ООО «АЛЬФА-СЕРВИС» и ООО «ОТК СТАНДАРТ») из 10 представленных получателей прекратили импортные закупки свежего столового винограда в 2022 г.

Импорт техники для выращивания винограда в Россию и Республику Дагестан в 2019–2021 гг. (расчеты авторов по данным ФТС, Fira)

Коды ТН ВЭД	2019 г.		2020 г.		2021 г.		Январь 2022 г.	
	тыс. долл.	т	тыс. долл.	т	тыс. долл.	т	тыс. долл.	т
Россия								
8433598501. Комбайны виноградоуборочные	1 643	69	1 539	74	2 017	96	–	–
84351. Оборудование для виноделия производства сидра, фруктовых соков или аналогичных напитков	5 201	391	18 263	590	7 777	586	68	4
84359. Части прессов, дробилок и аналогичных машин для виноделия, производства сидра, фруктовых соков или аналогичных напитков	145	5	162	9	152	3	20	0,558
Республика Дагестан								
8433598501. Комбайны виноградоуборочные	–	–	–	–	–	–	–	–
84351. Оборудование для виноделия производства сидра, фруктовых соков или аналогичных напитков	164	9	–	–	1 482	88	–	–
84359. Части прессов, дробилок и аналогичных машин для виноделия, производства сидра, фруктовых соков или аналогичных напитков	–	–	6	0,085	6	0,140	–	–

Рост объемов поставок свежего столового винограда за 7 мес. 2022 г. (по сравнению с аналогичным периодом 2021 г.) отмечается по следующим странам: Египет (+5,9 п.п.); Нидерланды (+4 п.п.); Перу (+1,3 п.п.); Республика Молдова (+ 1 п.п.). Наибольшее снижение отмечено в отношении Чили (–11 п.п.).

Следует отметить, что в разрезе сортов (табл. 9) наибольший объем импорта свежего столового винограда в Россию приходится на КИШМИШ БЕЛЫЙ THOMPSON SEEDLESS (10,91% от общего объема импорта в 2021 г.). Вместе с тем порядка 66,06% от общего объема винограда свежего столовых сортов ввозится в Россию без указания сорта в таможенной декларации.

**ТОП-10 получателей импортируемого свежего столового винограда в Россию
(расчеты авторов по данным ФТС, Fira)**

ТОП-10 получателей	01.01.2021 г. –15.07.2021 г.			01.01.2022 г. –15.07.2022 г.		
	Статистическая стоимость, тыс. долл.	Таможенная стоимость, тыс. руб.	Общий вес, нетто, т	Статистическая стоимость, тыс. долл.	Таможенная стоимость, тыс. руб.	Общий вес, нетто, т
08061010. Виноград столовый свежий (всего)	148 109,7	10 991 626,1	88 334,4	167 557,3	12 226 124,6	90 672,9
АО «АРВИАЙ» (ИНН 7706571841)	19 959,5	1 483 045,7	11 515,8	9 329,4	796 179,2	5 111,5
АО «ТАНДЕР» (ИНН 2310031475)	14 032,1	1 042 467,0	7 389,6	10 905,9	864 666,8	5 253,0
ООО «АЛЬФА-СЕРВИС» (ИНН 9723087666)	6 961,7	520 283,0	3 754,2	–	–	–
ООО «ПАЛМА» (ИНН 2312286493)	6 340,2	463 141,0	3 565,5	5 401,6	311 405,6	2 825,1
ООО «ВОСХОД» (ИНН 7816510746)	6 340,1	473 645,6	3 718,1	6 695,2	515 654,5	3 426,9
ООО «РИТЕЙЛ ИМПОРТ» (ИНН 2310105783)	5 316,4	394 050,1	3 058,7	6 137,1	441 273,0	2 999,9
ООО «ОТК СТАНДАРТ» (ИНН 3245011118)	5 229,8	389 306,2	4 000,5	–	–	–
ООО «ФРУТ ПАРК» (ИНН 7816704396)	4 982,9	372 578,8	2 954,3	5 639,4	441 297,9	2 937,9
ООО «ТРОЯ ИМПОРТ» (ИНН 7816601383)	4 980,1	371 478,6	2 921,9	931,0	81 268,8	433,8
ООО «АГРОФРУТ» (ИНН 7724398540)	4 571,9	341 462,9	2 655,2	3 336,5	280 247,8	1 915,6

Исследования в части ценовой политики показали, что в течение проведения анализа 2019–2021 гг. наибольшая средняя экспортная цена (рис. 2) отмечалась в отношении винограда сушеного. Вместе с тем в целом за рассматриваемый период произошло снижение средней экспортной цены как свежего (на 31,42% в 2021 г. по сравнению с 2019 г.м), так и сушеного винограда (на 20,71%).

**Импорт свежего столового винограда в Россию в разрезе сортов (ТОП-10)
(расчеты авторов по данным ФТС, Fira)**

№	08061010. Виноград столовый свежий (всего) / Сорт	01.01.2021 г. –15.07.2021 г.			
		Доля по таможенной стоимости, %	Таможенная стоимость, тыс. руб.	Общий вес, нетто, т	Цена, руб/кг
Всего		100,0	10 991 626,1	88 334,4	124,4
1	КИШМИШ БЕЛЫЙ THOMPSON SEEDLESS	10,91	1 198 975,4	10 695,9	112,1
2	MOLDOVA	7,25	796 830,3	8 186,2	97,3
3	RED GLOBE	3,47	381 017,4	2 992,2	127,3
4	БЕЛЫЙ КИШМИШ SUGRAONE	1,57	172 173,9	1 278,3	134,7
5	CRIMSON SEEDLESS	0,91	99 565,3	806,5	123,4
6	БЕЛЫЙ КИШМИШ SONAKA SEEDLESS	0,73	80 111,1	673,1	119,0
7	ЧЕРНЫЙ КИШМИШ SHARAD SEEDLESS	0,63	69 510,2	517,6	134,3
8	EARLY SWEET	0,62	68 585,6	513,7	133,5
9	SUPERIOR	0,58	63 304,3	465,9	135,9
10	БЕЛЫЙ КИШМИШ PRIME SEEDLESS	0,43	46 931,5	373,8	125,5
11	ВИНОГРАД СВЕЖИЙ СТОЛОВЫХ СОРТОВ (БЕЗ УКАЗАНИЯ СОРТА)	66,06	7 261 107,2	55 342,8	131,2

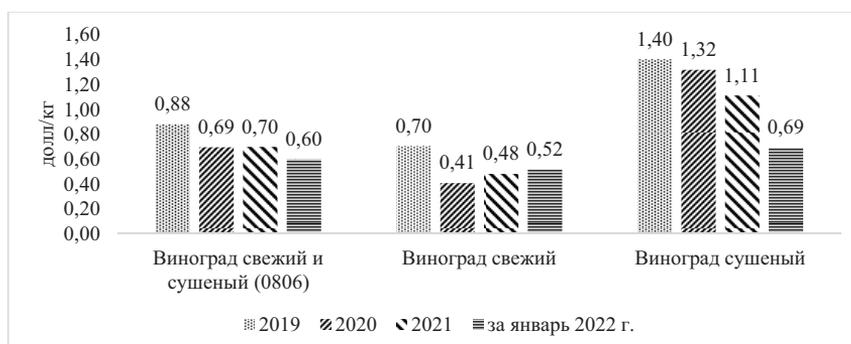


Рис. 2. Динамика средних экспортных цен по винограду в России в 2019–2021 гг., долл/кг (расчеты авторов по данным ФТС, Fira)

В отношении средних импортных цен в целом за период проведения анализа отмечалось незначительное снижение их уровня как по винограду свежему, так и по сушеному винограду (рис. 3). В 2021 г. средняя импортная цена на виноград, импортируемый в Республику Дагестан, составляла 0,8 долл. США/кг.

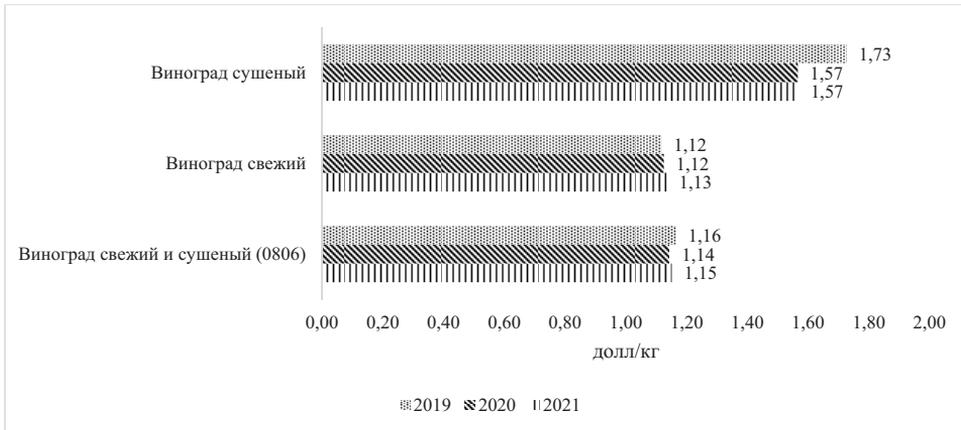


Рис. 3. Динамика средних импортных цен по винограду в России в 2019–2021 гг., долл./кг (расчеты авторов по данным ФТС, Fira)

За 7 мес. 2022 г. средняя импортная цена на виноград столовый составила 134,8 руб/кг, увеличившись по сравнению с аналогичным периодом 2021 г. на 8,36%. При этом средняя импортная цена на виноград столовый возросла по всем странам-импортерам, и исключение составил Египет (рис. 4).

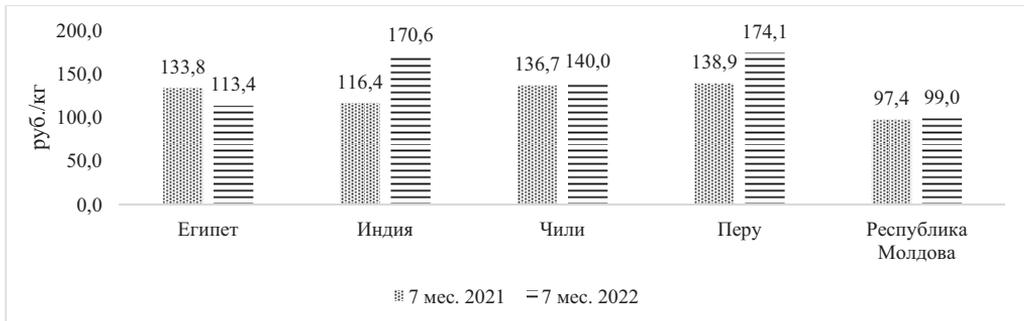


Рис. 4. Средние импортные цены на свежий столовый виноград, поставляемый в Россию, в разрезе стран-импортеров, руб./кг (расчеты авторов по данным ФТС, Fira)

Наибольшая средняя импортная цена за 7 мес. 2022 г. отмечается в отношении винограда столового, импортируемого из Перу. Наибольший рост средней импортной цены (по сравнению с аналогичным периодом 2021 г.) отмечается в отношении винограда столового, импортируемого из Индии (на 46,56%).

В период проведения анализа 2019–2021 гг. наблюдается значительный разрыв (табл. 10) как между ценами производителей и потребительской ценой на виноград (что наиболее очевидно на примере СКФО в целом, и Республики Дагестан – в частности), так и между потребительской ценой и ценой импорта (что свидетельствует о необоснованно высоких потребительских ценах на виноград). Вместе с тем потребительские цены на виноград в Республике Дагестан являются значительно более низкими, чем в целом по Российской Федерации, и имеют равномерную динамику

в течение года, за исключением сезонности продукции с августа по октябрь, когда в связи с новым урожаем в Дагестане фиксируются потребительские цены ниже, чем в среднем по России в аналогичный период.

Таблица 10

Цены производителей и потребительские цены на виноград в 2019–2021 гг., руб/кг (расчеты авторов по данным ФТС, Fira)

Наименование	Цены производителей			Потребительские цены		
	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.
Россия	38,4	18,7	14,8	181,2	186,0	201,3
СКФО	28,6	3,1	6,1	141,5	140,3	150,0
Республика Дагестан	18,5	1,5	6,1	106,4	119,7	137,6

Из данных, представленных на рисунке 5, следует, что в период основного сбора винограда в республике средняя цена производителей на 40–46% ниже, чем цены производителей на виноград в среднем по Российской Федерации, и на 65–72% ниже, чем средние импортные цены на виноград свежий, который ввозится в Россию в данный период.

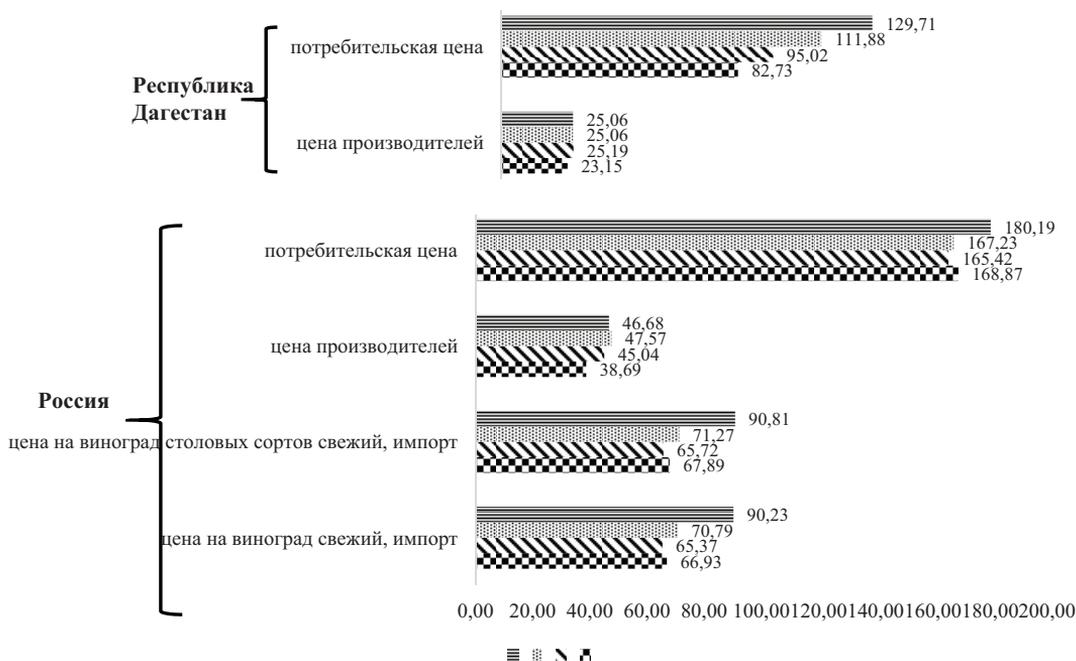


Рис. 5. Средние импортные цены на виноград свежий и виноград столовых сортов свежий, поставляемый в Россию, средние цены производителей и потребительская цена на виноград в России и Республике Дагестан в сентябре-декабре 2021 г., руб/кг (расчеты авторов по данным Росстата, ФТС, Fira)

Выводы

Результаты исследований позволяют сделать выводы о том, что виноградарство является одной из приоритетных отраслей агропромышленного комплекса Республики Дагестан, оказывая значительное влияние на социально-экономическое развитие региона. В связи с этим реализуемая государственная политика Дагестана направлена на поддержку развития данной отрасли, формирование сырьевой базы для перерабатывающих предприятий, разработку современных агротехнологий возделывания винограда, увеличение объемов закладки винограда технических сортов, столовых сортов длительного хранения. Указанные мероприятия позволили республике достичь следующих результатов:

- Республика Дагестан занимает лидирующие позиции по развитию отрасли виноградарства: на долю региона приходится 26% от общей площади виноградных насаждений в России и 28% от общей площади виноградников в плодоносящем возрасте. Доля Дагестана в общем объеме валовых сборов винограда по стране составляет 33%;

- в среднесрочном ретроспективном периоде отмечается положительная динамика отрасли виноградарства в Республике Дагестан по увеличению площади виноградных насаждений, в том числе в плодоносящем возрасте; по росту объемов валового сбора винограда, повышению урожайности и плодородности культуры;

- среди всех категорий хозяйств более высокие показатели развития отрасли отмечаются у сельскохозяйственных организаций республики при росте урожайности с 90 ц/га в 2019 г. до 105 ц/га в 2021 г. и увеличении объемов валовых сборов винограда на 35%;

- увеличение валовых сборов винограда в Дагестане и повышение урожайности происходят также благодаря новым научным разработкам по выведению новых сортов и клонов местных сортов, районированных по Дагестану, обладающих более высокими свойствами продуктивности и комплексной устойчивостью к стрессфакторам биотического и абиотического характера.

Вместе с тем исследования показали, что в Республике Дагестан существуют и сдерживающие факторы развития отрасли виноградарства [16], обусловленные отставанием в уровне научных исследований в области селекции и клонов сортов, дефицитом саженцев отечественного производства, импортозависимостью глубокой переработки винограда от зарубежных технологий, оборудования и вспомогательных материалов для виноделия. Это подтверждается следующими полученными результатами исследования:

- несмотря на значительную ресурсную базу республика фактически не осуществляет экспорт винограда, ориентируясь на потребительские предпочтения внутреннего рынка соседних регионов и страны в целом;

- незначительные объемы импорта винограда в Дагестан также обусловлены в первую очередь наличием больших объемов собственного производства данной культуры, которые превышают необходимый уровень самообеспеченности;

- вместе с тем в республике сохраняется зависимость от импортной техники для выращивания винограда, а также потребность в технике для его переработки, что является сдерживающим фактором для дальнейшего успешного развития отрасли в современных реалиях;

- выявлен значительный разрыв как между ценами производителей и потребительской ценой на виноград, так и между потребительской ценой и ценой импорта, что позволяет говорить о необоснованно высоких потребительских ценах на виноград. Вместе с тем потребительские цены на виноград в Республике Дагестан сохраняются

на более низком уровне, чем в среднем по Российской Федерации, и в целом имеют равномерную динамику в течение года, за исключением сезонности продукции с августа по октябрь, когда в связи с новым урожаем в Дагестане фиксируются потребительские цены, являющиеся более низкими, чем в среднем по России в аналогичный период.

Таким образом, учитывая достигнутые положительные результаты в развитии отрасли виноградарства за последние годы в Республике Дагестан и наличие сдерживающих развитие отрасли факторов, к основным стратегическим задачам региона, решение которых является необходимым в плановом периоде, следует отнести: развитие селекции в области виноградарства; создание собственных питомниководческих хозяйств; ориентирование крупных сельскохозяйственных организаций на выращивание технических сортов винограда, отвечающих необходимым качественным характеристикам; вовлечение малых форм хозяйствования в выращивание столовых сортов винограда с длительным сроком хранения; технологическую модернизацию отрасли не только в части возделывания винограда, но и на стадии глубокой переработки виноградного сырья.

Полученные в ходе исследований результаты:

– показали, что отрасль виноградарства в Дагестане имеет большой потенциал для наращивания производственных мощностей и увеличения объема производимой продукции не только для реализации внутри республики и в других регионах России, но и для производства на экспорт;

– могут быть положены в основу обоснования изменения стратегических задач и региональной политики по дальнейшему развитию отрасли с учетом результатов, полученных в ходе реализации запланированных мероприятий.

Библиографический список

1. *Муслимова М.М.* Программа поддержки развития виноградарства и ее место в Стратегии развития Республики Дагестан // *Инновационная наука*. – 2020. – № 5. – С. 83–86.

2. *Салихов Р.М., Алиева М.М., Исрапов М.Р.* Государственная поддержка виноградарства в Республике Дагестан // *Горное сельское хозяйство*. – 2019. – № 4. – С. 21–25.

3. *Гесаль А.И.* Проблемы, препятствующие развитию виноградарства в Российской Федерации, и возможные пути их решения // *Сборник статей по материалам X Всероссийской конференции молодых ученых, посвященной 120-летию И.С. Косенко*; Отв. за вып. А.Г. Кощаев. – 2017. – С. 1441–1442.

4. *Рыкова И.Н., Губанов Р.С., Аксёнов С.С.* Анализ состояния и перспективы стратегического развития виноградарства в России // *Вестник Ростовского государственного экономического университета (РИНХ)*. – 2016. – № 1 (53). – С. 170–178.

5. *Муслимова М.М.* Перспективы развития виноградарства в Республике Дагестан // *Современная школа России. Вопросы модернизации*. – 2021. – № 8–1 (37). – С. 70–72.

6. *Загиров Н.Г., Ахмедов Ф.Б., Керимханов Ш.М.* Анализ состояния и перспективы стратегического развития виноградарства и виноделия в Республике Дагестан // *Плодоводство и виноградарство Юга России*. – 2022. – № 73 (1). – С. 149–171.

7. *Сплехов Ю.А.* Сельскохозяйственное страхование в России и за рубежом: сравнительная характеристика // *Научно-исследовательский финансовый институт. Финансовый журнал*. – 2018. – № 1 (41). – С. 87–99.

8. *Белова Е.В.* Перспективы развития сельскохозяйственного страхования с государственной поддержкой в сфере виноградарства. Законодательные новации // *АПК: экономика, управление*. – 2019. – № 10. – С. 38–50.

9. Пинская М.Р. Налоговые инструменты институционализации импортозамещения в сельском хозяйстве // Финансовый журнал НИФИ. – 2015. – № 5. – С. 72–79.
10. Рыкова И.Н., Метельникова Е.О. Эффективность мер государственной поддержки в области сельскохозяйственного машиностроения // Финансовый журнал НИФИ. – 2016. – № 3 (31). – С. 98–104.
11. Рыкова И.Н., Шкодинский С.В., Юрьева А.А. Сравнительный анализ технической и технологической оснащенности отраслей сельского хозяйства // Экономика. Налоги. Право. – 2019. – Т. 12, № 4. – С. 39–49.
12. Мурсалов С.М., Сапукова А.Ч., Магомедова А.А., Мустафаев Г.М. Предложения по разработке Стратегии развития садоводства Дагестана: Аналитический обзор состояния и перспектив // Проблемы развития АПК региона. – 2021. – № 3 (47). – С. 63–68.
13. Казахмедов Р.Э., Магомедова М.А., Мамедова С.М. Генотипы винограда дагестанской селекции для получения высококачественной бессемянной продукции // Плодоводство и виноградарство Юга России. – 2018. – № 49 (1). – С. 107–125.
14. Фейзуллаев Б.А., Казиев М.Р.А. Продуктивность новых сортов винограда в условиях южной приморской зоны Республики Дагестан // Проблемы развития АПК региона. – 2022. – № 2 (50). – С. 109–116.
15. Власова О.К., Бахмулаева З.К., Магадова С.А., Гасанов Р.З., Шелудько О.Н., Якуба Ю.Ф., Митрофанова Е.А., Аливердиева Д.А. Биотехнологические исследования винограда, произрастающего в условиях южной зоны Дагестана // Плодоводство и виноградарство Юга России. – 2021. – № 67 (1). – С. 305–318.
16. Яхьяев Г. Состояние и основные направления развития виноградарства в Республике Дагестан // Международный научно-исследовательский журнал. – 2021. – № 4 (106). – С. 195–199.

STRATEGIC PRIORITIES FOR THE DEVELOPMENT OF THE VITICULTURE INDUSTRY ON THE EXAMPLE OF THE REPUBLIC OF DAGESTAN

SH.I. SHARIPOV¹, I.N. RYKOVA², A.A. YUR'EVA²

(¹Research Institute of Management, Economics, Politics and Sociology,
Dagestan State University of National Economy,

²Research Financial Institute of the Ministry of Finance of the Russian Federation)

The article presents the results of research on the viticulture industry in the Republic of Dagestan in terms of dynamic changes in the retrospective period of indicators characterising the development of the industry in the region. The aim of the research was to carry out a comprehensive analysis and evaluation of the development of viticulture in the Republic in order to identify the main trends characterising the development of the industry in the context of the implementation of the strategic goals of the region in this area. The analysis was based on the use of quantitative, statistical and comparative methods, as well as methods of analogy, synthesis and generalisation of the data obtained. The relevance of the research is based on the need to assess the achievement of the regional strategic objectives in the field of restoration and development of viticulture in the Republic and to elaborate further measures for the development of the industry. The scientific novelty lies in the systematisation and assessment of the state of viticulture in the Republic of Dagestan using an integrated approach to analysis, including the assessment of the entire set of indicators of the production process, from the production cycle

to the assessment of consumer prices for grapes. The results of the study, in the context of positive trends in the development of the viticulture industry in the Republic of Dagestan, showed that there is significant potential in the region for increasing the production capacity of the viticulture industry and increasing the volume of products for sale both within the Republic and mutual trade regions, as well as for export.

Key words: viticulture, perennial area, gross yields, yields, exports, imports, producer prices, consumer prices.

References

1. *Muslimova M.M.* Viticulture development support programme and its place in the Development Strategy of the Republic of Dagestan. *Innovatsionnaya nauka*. 2020; 5: 83–86. (In Rus.)
2. *Salikhov R.M., Alieva M.M., Israpov M.R.* State support for viticulture in the Republic of Dagestan. 2019; 4: 21–25. (In Rus.)
3. *Gesal', A.I.* Problems hindering the development of viticulture in the Russian Federation and possible solutions. *Sbornik statei po materialam KH Vserossiiskoi konferentsii molodykh uchenykh, posvyashchennoi 120-letiyu I.S. Kosenko. Otv. za vyp. A.G. Koshchaev*. 2017: 1441–1442. (In Rus.)
4. *Rykova I.N., Gubanov R.S., Aksenov S.S.* Analysis of the state and prospects of strategic development of viticulture in Russia. *Vestnik Rostovskogo gosudarstvennogo ekhonomicheskogo universiteta (RINKH)*. 2016; 1 (53): 170–178. (In Rus.)
5. *Muslimova M.M.* Prospects for the development of viticulture in the Republic of Dagestan. *Sovremennaya shkola Rossii. Voprosy modernizatsii*. 2021; 8–1 (37): 70–72. (In Rus.)
6. *Zagirov N.G., Akhmedov F.B., Kerimkhanov Sh.M.* Analysis of the state and prospects of strategic development of viticulture and winemaking in the Republic of Dagestan. *Plodovodstvo i vinogradarstvo Yuga Rossii*. 2022; 73 (1): 149–171. (In Rus.)
7. *Spletukhov Yu.A.* Agricultural insurance in Russia and abroad: comparative characteristics. *Finansoviy zhurnal*. 2018; 1 (41): 87–99. (In Rus.)
8. *Belova E.V.* Prospects for the development of agricultural insurance with state support for viticulture. *Legislative innovations. APK: ekhonomika, upravlenie*. 2019; 10: 38–50. (In Rus.)
9. *Pinskaya M.R.* Fiscal instruments to institutionalise import substitution in agriculture. *Finansoviy zhurnal NIFI*. 2015; 5: 72–79. (In Rus.)
10. *Rykova I.N., Metel'nikova E.O.* Effectiveness of state support measures for agricultural engineering. *Finansoviy zhurnal NIFI*. 2016; 3 (31): 98–104. (In Rus.)
11. *Rykova I.N., Shkodinskiy S.V., Yur'eva A.A.* Comparative analysis of technical and technological equipment in the agricultural sector. *Ekhonomika. Nalogi. Pravo*. 2019; 12; 4: 39–49. (In Rus.)
12. *Mursalov S.M., Sapukova A.CH., Magomedova A.A., Mustafaev G.M.* Proposals for the Development Strategy for Horticulture in Dagestan: Analytical Review of the Status and Prospects. *Problemy razvitiya APK regiona*. 2021; 3 (47): 63–68. (In Rus.)
13. *Kazakhmedov R.E., Magomedova M.A., Mamedova S.M.* Dagestan grape breeding genotypes for high quality seedless production. *Plodovodstvo i vinogradarstvo Yuga Rossii*. 2018; 49 (1): 107–125. (In Rus.)
14. *Feyzullaev B.A., Kaziev M-R.A.* Productivity of new grape varieties in the southern maritime zone of the Republic of Dagestan. *Problemy razvitiya APK regiona*. 2022; 2 (50): 109–116. (In Rus.)

15. *Vlasova O.K., Bakhmulaeva Z.K., Magadova S.A., Gasanov R.Z., Shelud'ko O.N., Yakuba Yu.F., Mitrofanova E.A., Aliverdieva D.A.* Biotechnological research on grapes growing in the southern zone of Dagestan. *Plodovodstvo i vinogradarstvo Yuga Rossii*. 2021; 67 (1): 305–318. (In Rus.)

16. *Yakh'yaev G.* State and main directions of viticulture development in the Republic of Dagestan. *Mezhdunarodniy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal*. 2021; 4 (106): 195–199. (In Rus.)

Шарип Исмаилович Шарипов, д-р экон. наук, первый заместитель министра сельского хозяйства и продовольствия Республики Дагестан, Научно-исследовательский институт управления, экономики, политики и социологии ГАОУ ВО «Дагестанский государственный университет народного хозяйства»; 367008, Российская Федерация, Республика Дагестан, г. Махачкала, ул. Алтаева, 5; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2820-8247>; тел.: (8722)51-05-62; e-mail: sharips@mail.ru

Инна Николаевна Рыкова, д-р экон. наук, академик РАЕН, руководитель Центра отраслевой экономики НИФИ Минфина России, ФГБУ «Научно-исследовательский финансовый институт» Министерства финансов Российской Федерации; 127006, Российская Федерация, г. Москва, Настасьинский переулок, 3, стр. 2; тел.: (495) 699-86-45; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9171-2278>; e-mail: rykova@nifi.ru

Юрьева Анна Александровна, младший научный сотрудник Центра отраслевой экономики НИФИ Минфина России, ФГБУ «Научно-исследовательский финансовый институт» Министерства финансов Российской Федерации; 127006, Российская Федерация, г. Москва, Настасьинский переулок, 3, стр. 2; тел.: (495) 699-74-14; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5579-8027>; e-mail: ayureva@nifi.ru

Sharip I. Sharipov, DSc (Econ), First Deputy Minister of Agriculture and Food of the Republic of Dagestan, Research Institute of Management, Economics, Politics and Sociology, Dagestan State University of National Economy (5, Altaev Str., Makhachkala, Republic of Dagestan, 367008, Russian Federation; phone: (722) 51-05-62; E-mail: sharips@mail.ru)

Inna N. Rykova, DSc (Econ), Academician of the Russian Academy of Natural Sciences, Head of the Center for Branch Economics, Federal State Budgetary Institution “Research Financial Institute” of the Ministry of Finance of the Russian Federation (3, building 2, Nastasinskiy lane, Moscow, 127006, Russian Federation; phone: (495) 699-86-45; E-mail: rykova@nifi.ru)

Anna A. Yur'eva, Junior Research Associate. Center for Branch Economics, Federal State Budgetary Institution “Research Financial Institute” of the Ministry of Finance of the Russian Federation (3, building 2, Nastasinskiy lane, Moscow, 127006, Russian Federation; phone: (495) 699-74-14; E-mail: ayureva@nifi.ru)

СОДЕРЖАНИЕ

АГРОХИМИЯ, ПОЧВОВЕДЕНИЕ, ЭКОЛОГИЯ

Дедушев И.А., Ерошенко Л.М., Пыльнев В.В. Влияние уровня азотного питания на урожайность и элементы структуры урожая сортов ярового ячменя селекции ФИЦ «Немчиновка»	5
Журавлева О.С., Торшин С.П. Превращения урацила, глицина и глюкозы, поступающих в составе опада в лесную подстилку дерново-подзолистой почвы	13

БОТАНИКА, ПЛОДОВОДСТВО

Исаенко Т.Н. Оценка современного состояния <i>Erythronium caucasicum</i> woronow в природе и культуре	26
Марченко Л.А. Исходные формы земляники садовой для селекции на продуктивность и качество плодов	37
Ладыженская О.В., Донских В.Г., Аниськина Т.С., Симахин М.В. Изменчивость вишни войлочной (<i>Prunus tomentosa</i> Thunb.) в Республике Алтай	46

ЗЕМЛЕДЕЛИЕ, РАСТЕНИЕВОДСТВО, ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ

Васильченко А.В., Прах С.В., Подгорная М.Е. Изучение особенностей развития сливовой плодовой гнили <i>Grapholita funebrana</i> Tr. (Lepidoptera: Tortricidae) в изменяющихся климатических условиях Краснодарского края	55
Дзюин А.Г. Продуктивность севооборота в зависимости от систем применения удобрений в длительном опыте	66
Лазарев Н.Н., Шитикова А.В., Куренкова Е.М., Кухаренкова О.В., Дикарева С.А., Климов А.А., Шевелева С.Н. Эспарцет (<i>Onobrychis Adans.</i>): выгодная культура в органическом лугопастбищном хозяйстве (обзор)	76
Тучков И.В., Тараканов Р.И., Белошапкина О.О., Джалилов Ф.С.-У. Первое сообщение о <i>Cephalotrichum asperulum</i> как патогене картофеля в России	95

ЗООТЕХНИЯ, БИОЛОГИЯ И ВЕТЕРИНАРНАЯ МЕДИЦИНА

Акчурин С.В., Дюльгер Г.П., Акчурина И.В., Бычков В.С., Седлецкая Е.С. Основные лекарственные средства для кошек и собак в российской ветеринарной практике	109
Родионов Г.В., Олесюк А.П., Пищиков Д.И. Эффективность использования сосковой резины в доильных аппаратах с включением в ее состав наночастиц серебра и цинка	124
Позовникова М.В., Ларкина Т.А., Вахрамеев А.Б., Федорова З.Л., Рейнбах Н.Р., Рябова А.Е., Деметьева Н.В. Анализ биофизических качеств яиц у кур пушкинской и царскосельской пород с различными аллельными вариантами гена LCORL	135
Пронина Г.И., Бубунец Э.В., Глебов А.П., Желанкин Р.В. Влияние пробиотика «Энзимспорин» на морфофизиологические показатели гибрида ленского осетра и белуги при выращивании в аквакультуре	144

ЭКОНОМИКА

Шаринов Ш.И., Рыкова И.Н., Юрьева А.А. Стратегические приоритеты развития отрасли виноградарства на примере Республики Дагестан	154
---	-----

CONTENTS

AGROCHEMISTRY, SOIL SCIENCE AND ECOLOGY

<i>Dedushev I.A., Eroshenko L.M., Pyl'nev V.V.</i> Effect of nitrogen nutrition on yield and yield structure elements of spring barley varieties bred by FRC "Nemchinovka"	5
<i>Zhuravleva O.S., Torshin S.P.</i> Conversions of uracil, glycine, and glucose arriving in forest litter of sod-podzolic soil as litter compounds	13

BOTANY, POMICULTURE

<i>Isaenko T.N.</i> Evaluation of the current state of <i>Erythronium caucasicum</i> woronow in nature and culture	26
<i>Marchenko L.A.</i> Initial forms of strawberries for breeding for productivity and fruit quality ...	37
<i>Ladyzhenskaya O.V., Donskikh V.G., Anis'kina T.S., Simakhin M.V.</i> Variability of the felted cherry (<i>Prunus tomentosa</i> Thunb.) in the Republic of Altai	46

AGRONOMY, CROP PRODUCTION, PLANT PROTECTION

<i>Vasilchenko A.V., Prakh S.V., Podgornaya M.E.</i> Study of the development of the plum moth features <i>Grapholita funebrana</i> Tr. (Lepidoptera: Tortricidae) in changing climatic conditions of the Krasnodar territory	55
<i>Dzyuin A.G.</i> Crop rotation productivity depending on fertiliser systems in a long-term experiment	66
<i>Lazarev N.N., Shitikova A.V., Kurenkova E.M., Kukharenkova O.V., Dikareva S.A., Klimov A.A., Sheveleva S.N.</i> Sainfoin (<i>Onobrychis Adans.</i>): a beneficial crop in organic grassland farming (review).....	76
<i>Tuchkov I.V., Tarakanov R.I., Beloshapkina O.O., Dzhailov F.S.-U.</i> First report on <i>Cephalotrichum Asperulum</i> As A Potato Pathogen In Russia	95

LIVESTOCK BREEDING, BIOLOGY AND VETERINARY MEDICINE

<i>Akchurin S.V., Dyulger G.P., Akchurina I.V., Bychkov V.S., Sedletskeya E.S.</i> Essential medicines for cats and dogs in russian veterinary practice	109
<i>Rodionov G.V., Olesyuk A.P., Pishchikov D.I.</i> Effectiveness of liners with silver and zinc nanoparticles in milking machines	124
<i>Pozovnikova M.V., Larkina T.A., Vakhrameev A.B., Fedorova Z.L., Reynbakh N.R., Ryabovan A.E., Dement'eva N.V.</i> Analysis of the biophysical qualities of eggs in the pushkinsk and tzarskosel'skaya hens with various allelic variants of the LCORL gene.....	135
<i>Pronina G.I., Bubunets E.V., Glebov A.P., Zhelankin R.V.</i> Effect of the probiotic "Enzimsporin" on the morphophysiological parameters of the Lena sturgeon and beluga hybrid in aquaculture.....	144

ECONOMY

<i>Sharipov Sh.I., Rykova I.N., Yur'eva A.A.</i> Strategic priorities for the development of the viticulture industry on the example of the Republic of Dagestan.....	154
---	-----

Журнал «ИЗВЕСТИЯ ТИМИРЯЗЕВСКОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ АКАДЕМИИ»

e-mail: izvtsha@rgau-msha.ru

тел.: (499) 976–07–48

Подписано в печать 17.04.2023 г. Формат 70×100/16 Бумага офсетная

Гарнитура шрифта «Times New Roman» Печать офсетная. 9 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