

# 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  
2024

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

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

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

*Редакция*

Научный редактор – **С.С. Макаров**

Редактор – **В.И. Марковская**

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

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

Журнал входит в перечень  
ведущих рецензируемых научных журналов и изданий ВАК

Журнал включен в базы данных BIOSIS (WoS), RSCI (WoS),  
CA(pt), CrossRef, AGRIS, РИНЦ, ядро РИНЦ

Правила оформления научных статей для опубликования в журнале «Известия ТСХА»  
размещены в Интернете ([https://izvestiia.timacad.ru/jour/manager/files/1603286771\\_treb\\_stat.pdf](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  
2024

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

#### EDITORIAL BOARD

Prof. **Sergey L. Belopukhov**, DSc (Ag); Prof. **Riccardo Valentini**, DSc, PhD (Italy);  
Prof. **Ivan I. Vasenev**, DSc (Bio); Prof. **Rafkat S. Gaysin**, DSc (Econ);  
Prof. **Aleksei V. Golubev**, DSc (Econ); Prof. **Styapas A. 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 – **Sergey S. Makarov**  
Editor – **Vera I. Markovskaya**  
Translation into English – **Natalya A. Sergeeva**  
Computer design and making-up – **Anneta S. Lavrova**

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

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

Article submission guidelines of the journal “Izvestiya of TAA” are available  
at [https://izvestiia.timacad.ru/jour/manager/files/1603286771\\_treb\\_stat.pdf](https://izvestiia.timacad.ru/jour/manager/files/1603286771_treb_stat.pdf)

Articles submitted by postgraduates are exempt from the processing charge

ОЦЕНКА ДЛИТЕЛЬНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ БЕССМЕННОГО ВЫРАЩИВАНИЯ  
РАЗЛИЧНЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР  
НА МИКРОБНЫЕ СООБЩЕСТВА ПОЧВЫН. АЛЬСАЕД<sup>1</sup>, О.В. СЕЛИЦКАЯ<sup>1</sup>, Л.А. ПОЗДНЯКОВ<sup>2</sup>,  
И.А. ЗАВЕРТКИН<sup>1</sup>, Е.А. ШУБИНА<sup>1</sup><sup>1</sup>Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева;<sup>2</sup>Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова)

Проведены исследования почвенных микробных сообществ под разными сельскохозяйственными растениями (лен, клевер, ячмень, картофель, озимая рожь), выращиваемыми в бессменных посевах и севообороте. Изучено влияние бессменного посева и севооборота на таксономический профиль прокариотической и грибной составляющих почвенного микробиома. Произведена оценка влияния бессменного выращивания культур и севооборота на фоне без внесения минеральных и органических удобрений на интенсивность метаболизма и устойчивость почвенной биоты. Объектом исследований служил Длительный опыт Российского государственного аграрного университета – МСХА имени К.А. Тимирязева, заложенный в 1912 г. профессором А.Г. Дояренко. Показано, что у грибов наибольшее значение операционной таксономической единицы (ОТЕ) было в почве под паром и севооборотом. Для прокариот, напротив, количество ОТЕ было самым низким в варианте севооборота. Установлено, что аскомицеты являются доминирующим таксоном грибов во всех исследованных образцах. У прокариот доминировали *Proteobacteria* и *Acidobacteriota*, далее – *Actinobacteriota* и *Firmicutes*, и в меньшей степени представлены *Chloroflexi*. Среди архей преобладал филум *Crenarcheota*. Показано, что бессменное выращивание культур в целом негативно сказывается на функционировании микробного сообщества. При оптимальном значении метаболического коэффициента 0,2 при монокультуре они достигали 0,6. Устойчивость микробного сообщества почвы снижена в результате бессменного выращивания картофеля, льна и клевера на фоне без внесения органических и минеральных удобрений, а также в варианте «вечного пара». Особенно неблагоприятные условия были отмечены при монокультуре картофеля. Бессменное выращивание зерновых, особенно озимой ржи, не ведет к существенному снижению активности почвенной биоты и устойчивости микробных сообществ почв. Севооборот позволяет оптимизировать микробиологические процессы в почве и повысить устойчивость микробного сообщества.

**Ключевые слова:** Биологическое разнообразие, монокультура, бессменные посевы, севооборот, почва, грибы, прокариоты, дыхание, устойчивость

### Введение

Сельское хозяйство является одним из наиболее значимых видов антропогенной деятельности, влияющих на физические, химические и биологические свойства почв, а следовательно, и на функционирование почвенной биоты [37]. Биоразнообразие повышает стабильность и продуктивность экосистем. Это предположение было широко подтверждено для растительных сообществ [23]. По сравнению с экологией растений микробной

экологии все еще не хватает демонстрации взаимосвязи между биоразнообразием и функцией [19, 41], хотя широко признано, что микроорганизмы играют решающую роль во многих ключевых экосистемных функциях, связанных с плодородием почвы и качеством окружающей среды [6, 51]. Микроорганизмы являются компонентами почв и очень чувствительными к изменениям окружающей среды, в том числе к действиям человека и методам ведения сельского хозяйства [2, 12]. Особенности почвенного микробиома могут послужить универсальным и очень чувствительным индикатором состояния почвы, в том числе при оптимизации и биологизации систем земледелия [16]. Растительный покров является мощным фактором жизнедеятельности микроорганизмов. Видовые особенности растений в значительной степени определяют количественный и качественный состав почвенной биоты. Растения создают и формируют микробные ценозы и сообщества, воздействуя на микробное сообщество как корневой системой, так и пожнивными остатками. В свою очередь, видовой состав микроорганизмов ризосферы оказывает явное и существенное влияние на рост и развитие растений, а значит, и на их продуктивность [1, 10].

В последние годы получено достаточное количество данных, доказывающих влияние растений на формирование микробных сообществ ризосферы [3, 29, 32, 55]. Так, доказано, что микробное сообщество ризосферы видоспецифично для разных растений, поскольку корневые экссудаты разных видов и даже разных сортов одних и тех же растений различаются, и это вызывает различия в микробных сообществах ризосферы [35, 36]. Длительные стационарные полевые опыты, когда почва десятилетиями подвергается различным воздействиям, представляют собой уникальные модельные объекты для изучения влияния разнообразных приемов на микробные сообщества почвы. Большинство исследований на базе длительных опытов касаются таких приемов, как обработка почвы, внесение минеральных и органических удобрений, известкование, в то время как влияние бессменного выращивания различных культур часто остается вне поля зрения исследователей. Особенно это касается влияния на разнообразие и активность почвенной биоты.

Стационарный опыт РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева представляет собой уникальную площадку для проведения таких исследований. Ранее оценка длительного воздействия агротехнических приемов и сельскохозяйственных культур на базе длительного опыта проводилась В.А. Думновой и др. (2013) и О.И. Ковриго с соавт. (2016) [8, 9], однако она касалась только прокариотической части микробиома почвы и не затрагивала грибную составляющую. Надо отметить, что в целом информация о разнообразии грибов в почвах сельскохозяйственного использования складывается в основном на основании данных классических исследований по культивированию, и только в последние годы стали широко использоваться методы, независимые от культивирования [7, 27]. Оценка биологической активности биоты в целом на основании респирометрических показателей в рамках длительного опыта ранее не производилась. В то же время именно интенсивность почвенного дыхания служит основным интегральным показателем активности биологических процессов и экологического состояния почв [2].

**Цель исследований:** сравнительное изучение состава и активности прокариотического и грибного компонент микробных сообществ почвы, сформировавшихся под сельскохозяйственными растениями, выращиваемыми в бессменных посевах и севообороте.

### **Материал и методы исследований**

Для анализа были отобраны образцы почв Длительного полевого опыта РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, заложенного в 1912 г. А.Г. Дояренко.

На рисунке 1 представлен схематический план размещения сельскохозяйственных культур и вариантов внесения удобрений Длительного опыта МСХА. Исследуемые

образцы почв с бессменным выращиванием культур (лен, клевер, ячмень, картофель, озимая рожь), с бессменным паром и севооборотом во времени отбирали с фона без внесения извести и применения удобрений (на схеме они обозначены символом О).

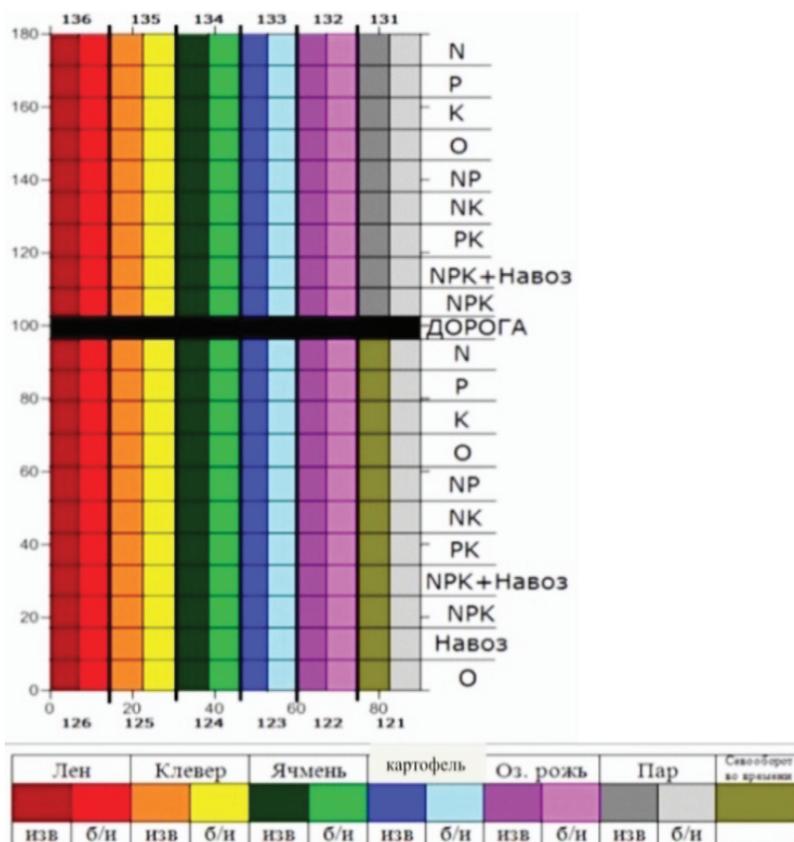
Образцы почвы отбирали из междурядий с глубины 0–25 см с использованием почвенного бура. Отбор почвы был произведен 26 ноября 2021 г. До проведения анализа образцы хранились в замороженном состоянии при –18°С.

Земельный участок опыта площадью 1,5 га с уклоном на запад и северо-запад в 1,5–1,8 м расположен на южной окраине Клинско-Дмитровской возвышенности, представленной моренной равниной. Превышение над водным зеркалом р. Москвы составляет 60 м, а над уровнем моря (Балтийского) – 162 м.

Почва – дерново-средне- и слабоподзолистая, старопахотная, кислая и заплывающая [7]. Согласно классификации ФАО почва относится к Epistagnic Cutanic Albeluvisol.

Выделение ДНК из образцов почвы производили с помощью набора DNeasy Power Soil Kit (Qiagen, Германия) согласно протоколу производителя. Для проведения полимеразной цепной реакции V3-V4 региона гена 16S рРНК прокариот и ITS86F/ITS4R грибов для каждого из исследуемых образцов были использованы следующие пары праймеров [27, 52]:

1. 341F CCTACGGGNBGCASCAG  
806R GGACTACNVGGGTWTCTAATC
2. ITS86F GTGAATCATCGAATCTTTGAA  
ITS4R TCCTCCGCTTATTGATATGC



**Рис. 1.** Схематический план размещения культур и вариантов удобрений Длительного полевого опыта МСХА

К полученным ПЦР-фрагментам присоединяли специальные адаптеры, необходимые для дальнейшего баркодирования ПЦР-фрагментов, что позволило их секвенировать одновременно. Для этого ставили реамплификацию с праймерами:

```
341F_IL TCGTCCGGCAGCGTCAGATGTGTATAAGAGACAGCCAGCCTACGGGNBGCASCAG
806R_IL GTCTCGTGGGCTCGGAGATGTGTATAAGAGACAGGACTACNVGGGTWTCTAATCC
ITS86F_IL
TCGTCGGCAGCGTCAGATGTGTATAAGAGACAGGTGAATCATCGAATCTTTGAA
ITS4R_IL
GTCTCGTGGGCTCGGAGATGTGTATAAGAGACAG TCCTCCGCTTATTGATATGC
```

Нуклеотидная последовательность полученных ПЦР-фрагментов определена с помощью высокопроизводительного секвенатора MiSeq (Illumina, США). Проведено секвенирование V3-V4 переменных фрагментов гена 16S рРНК и ампликона ITS86F/ITS4R7 образцов. Для каждого образца определено не менее 10000 последовательностей фрагментов гена 16S рРНК.

Анализ проведен на базе Федерального исследовательского центра, ЦКП «Биоинженерия» Федерального исследовательского центра «Фундаментальные основы биотехнологии» РАН.

*Биоинформатика.* Парные пересекающиеся чтения объединяли с помощью программы Flash [33]. Затем были удалены низкокачественные чтения и выполнена кластеризация всех полученных последовательностей вместе программой Usearch, во время кластеризации алгоритмом Usearch так же удаляются химеры и синглтоны. Для определения размера кластеров (оперативных таксономических единиц – ОТЕ) в каждом образце все исходные объединенные чтения, включая синглтоны и низкокачественные прочтения, накладывались на репрезентативные последовательности ОТЕ с минимальной 97%-ной идентичностью на всей длине с помощью Usearch [24]. Для оценки альфа-разнообразия рассчитывали индекс ОТЕ, индекс Шенонна и индекс Чао1. Таксономическую классификацию полученных ОТЕ проводили по базе последовательностей 16S рРНК RDP database [54]. Индексы альфа-разнообразия рассчитывали с помощью программы USEARCH v.11 с использованием команды «alpha\_div» [24, 34].

Дыхание почвы определяли методом газовой хроматографии [1].

Перед анализом образцы почвы были просеяны через сито с размером ячеек 1 мм. Для определения базального дыхания в стеклянные флакончики в трехкратной повторности помещали 3 г почвы, добавляли 0,75 мл воды, герметично закрывали и инкубировали в течение 4 дней при температуре +25°C. Примерно за сутки до измерения концентрации CO<sub>2</sub> во флаконах было произведено проветривание. После этого флаконы герметизировали и инкубировали еще в течение 24 ч, а затем измеряли концентрацию CO<sub>2</sub> с помощью газового хроматографа Кристалл 5000. Далее определяли субстрат-индуцированное дыхание (СИД), для чего добавили во флаконы субстрат (глюкозу) из расчета 2,5 г/на 1 г почвы. Флаконы герметизировали и инкубировали в термостате при температуре +25 °C в течение 3 ч. Время инкубации почвы с глюкозой строго фиксировали. Скорость СИД (мкл CO<sub>2</sub>/ (г\*ч)) рассчитывали с учетом концентрации CO<sub>2</sub>, объема газовой фазы флакона, навески почвенного образца и времени его инкубации.

Базальное дыхание (БД) и субстрат-индуцированное дыхание (СИД) рассчитывали по формуле:

$$\text{дыхание} = \frac{12 \cdot 0,000041605460 \cdot (\text{конц}CO_2 \text{ ppm} - 400) \cdot (15 - V_{\text{п}} - V_{\text{в}})}{m_{\text{п}} \cdot t_{\text{и}}},$$

где V<sub>п</sub> – объем почвы; V<sub>в</sub> – объем воды; m<sub>п</sub> – масса почвы; t<sub>и</sub> – время инкубации.

Углерод микробной биомассы ( $C_{\text{мик}}$ ) почвы рассчитывали по формуле [11]:

$$C_{\text{мик}} \text{ (мкг С г-1 почвы)} = \text{СИД (мкл CO}_2 \text{ г-1 почвы ч-1)} \times 40,04 + 0,37.$$

Для оценки биологической активности рассчитывали метаболический коэффициент, который представляет собой отношение базального дыхания к субстрат-индуцированному дыханию [17].

Статистическая достоверность результатов исследований рассчитывалась с помощью программы Microsoft Office Excel 2019.

### Результаты и их обсуждение

*Анализ альфа-разнообразия прокариотических и грибных сообществ исследованных почв длительного полевого опыта.* Альфа-разнообразие включает в себя разнообразие внутри сообщества микроорганизмов, которое состоит из двух компонентов: количества видов и их обилия [15]. Для оценки биологического разнообразия необходимо использовать определенные показатели, среди которых наиболее часто применяются коэффициенты и показатели альфа-разнообразия. Альфа-разнообразие – это термин, используемый для описания разнообразия «внутри выборки». Это мера того, насколько разнообразен один образец, обычно с учетом количества наблюдаемых различных видов. Показатели альфа-разнообразия также часто анализируют по численности отдельных таксонов. В почвенной метагеномике для альфа-разнообразия используется показатель ОТЕ. ОТЕ – это последовательности, сгруппированные по сходству более чем на 97%. Индекс Шеннона позволяет судить об относительном распределении количества каждого вида в образце, и более высокое его значение указывает на большее разнообразие сообщества [34].

Индекс Чао1 – мера богатства микробных видов в исследуемом образце.

Показатели, характеризующие биоразнообразие прокариот и грибов в почве при монокультуре различных сельскохозяйственных растений и в севообороте, представлены в таблице 1.

Таблица 1

#### Индексы разнообразия прокариотической и грибной компонент микробиома дерново-подзолистой почвы Длительного полевого опыта РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Варианты опыта	Прокариоты			Грибы		
	ОТЕ	Индекс Шеннона	Индекс Чао1	ОТЕ	Индекс Шеннона	Индекс Чао1
Бессменный пар	7373	7.33	6731.1	89276	4.71	489.2
Монокультура льна	5741	7.52	6713.3	57546	4.39	419.7
Монокультура картофеля	10882	7.73	10888.3	61869	3.10	460.3
Монокультура озимой ржи	14820	7.34	10323.8	71117	4.57	471.2
Монокультура клевера	6859	6.92	4836.4	43926	4.58	394.7
Монокультура ячменя	5572	7.17	5044.6	65544	4.06	461.7
Севооборот во времени	4339	7.53	5773.6	75164	4.56	511.7

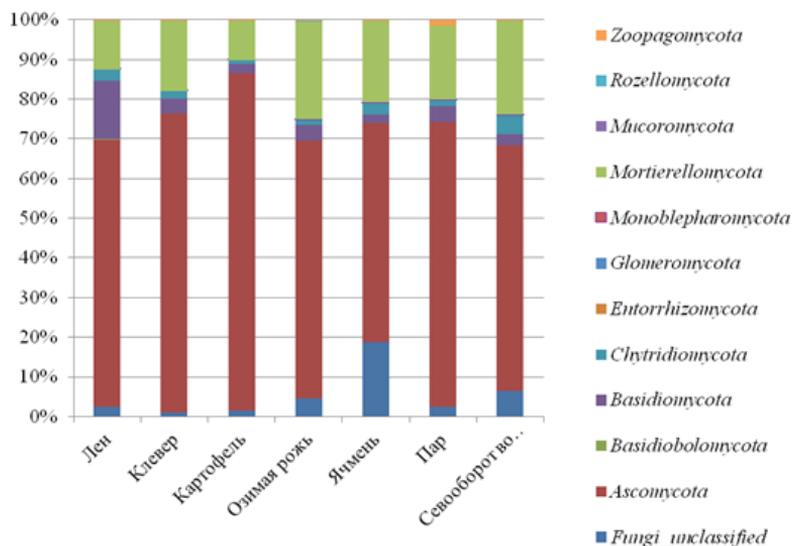
В целом количество ОТЕ прокариот было выше при монокультуре по сравнению с севооборотом во времени. Самые высокие значения были выявлены в почве под озимой рожью (14820), а самый бедный микробиом по количеству таксонов оказался в почве, где осуществлялся севооборот (4339). Известно, что севооборот оказывает сильное селективное влияние на структуру микробиома почвы [47]. Севообороты со временем увеличивают разнообразие растений, и как следствие – неоднородность имеющихся ниш в виде разнообразных ресурсов субстрата [48]. Растения выделяют в ризосферу первичные метаболиты (например, сахара, гормоны, ферменты) и биологически активные вторичные метаболиты, которые влияют на корневой микробиом [29, 32, 51, 55]. В то же время следует учитывать, что вспашка и другие приемы обработки гомогенизируют пахотный горизонт, активизируют процессы минерализации. Это приводит к снижению содержания органического вещества почвы и служит причиной уменьшения количества и сложности микробных ниш в агроземах [20, 28]. Также достаточно низкие значения ОТЕ прокариот были выявлены при бессменном выращивании таких растений, как ячмень и лен.

Самое высокое значение ОТЕ грибов было отмечено в почве под паром (89276), на втором месте – вариант с севооборотом (75164) в отличие от прокариот, для которых выявлено самое низкое значение в варианте «Севооборот во времени».

Биологическое разнообразие грибной компоненты микробиома, согласно индексу Шеннона, было самым высоким в почве под паром (4.71), а самым низким – в варианте монокультуры картофеля (3.10). Для прокариотической компоненты, напротив, индекс Шеннона был самым высоким именно в варианте с бессменным выращиванием картофеля. Что касается индекса Чао1 (индекса богатства), то наибольшее значение было в севообороте (511.7), а наименьшее – в почве под клевером (394.7).

Таким образом, монокультура и севооборот изменяют структуру и состав микробных сообществ в почве, а различия в микробном разнообразии и богатстве связаны не только с методами агротехники и внесением удобрений, но и с видом растений.

*Сравнение обилия грибов на уровне филума по исследованным образцам.* На основании таксономии последовательностей генов ITS наиболее распространенными филумами грибов в почве всех вариантов были *Ascomycota*, *Mortierellomycota* и *Basidiomycota* [50] (рис. 2).



**Рис. 2.** Графическое сравнение обилия грибов на уровне филума по исследованным образцам

Во всех исследованных образцах доминировали *Ascomycota*, которые составляли от 55 до 85% всех грибов микробиома. Преобладание представителей этого филума в составе грибной компоненты микробных сообществ почв разных типов было выявлено и другими исследователями [26, 31, 47].

Относительная численность *Ascomycota* была значительно выше в почве под картофелем и составила 85,03%. Самая низкая численность (55%) была зафиксирована при монокультуре ячменя. Большая часть сумчатых грибов является сапротрофами и участвует в разложении растительной биомассы, играя ключевую роль в круговоротах углерода и азота в экосистемах.

Некоторые представители могут образовывать симбиотические ассоциации с макро- и микроорганизмами или быть патогенами [22]. Наиболее заметными заболеваниями, вызываемыми аскомицетами, являются спорынья ржи и пшеницы, а также мучнистая роса. Важной частью микобиоты большинства наземных экосистем являются энтомопатогенные аскомицеты, которые регулируют естественные популяции членистоногих вредителей [40]. Доминирование сумчатых грибов в пахотных почвах можно связать с тем, что эти грибы достаточно устойчивы к стрессам. Сравнение генома доминирующего таксона *Ascomycota* с другими филумами грибов указывает на значительно большее количество генов, связанных с устойчивостью к стрессам и потреблением ресурсов у доминирующих грибов. Это позволяет предположить, что они способны заселять широкий спектр сред обитания [25].

Представители *Mortierellomycota* также были выявлены во всех вариантах. Известно, что *Mortierellomycota* обитают в основном в ризосфере [21]. Самые низкие значения были зафиксированы в вариантах монокультуры картофеля (9,71%) и льна (12,23%). Самый высокий процент грибов этого филума (24,67%) отмечен в составе микробиома, сформировавшегося при бессменном выращивании озимой ржи. Второе место по количеству занимает вариант «Севооборот во времени» (23,66%). При монокультуре ячменя количество представителей этого таксона также было значительным – 20,44%.

*Basidiomycota* занимали третье место по количеству на основании анализа последовательностей генов ITS и составляли от 2,03 до 14,86% от общего количества на уровне филума. Наибольшее обилие представителей филума *Basidiomycota* отмечено в почве под льном – 14,86%. В остальных почвенных пробах существенные различия в обилии представителей этого филума не наблюдались: количество *Basidiomycota* составляло в среднем около 3% микробиома. Эти грибы считаются наиболее эволюционно продвинутыми. Некоторые виды *Basidiomycota* являются патогенами растений. Другие образуют симбиотические ассоциации с корнями сосудистых растений, помогая растениям поглощать элементы питания из почвы (в первую очередь – фосфор и калий), взамен получая сахара, произведенные в результате фотосинтеза. Однако отметим, что сумчатые и базидиальные грибы образуют эктомикоризы с древесно-кустарниковыми, а не с травянистыми растениями [49].

Что же касается грибов других выявленных филумов, то они присутствовали в очень малых количествах. В то же время отметим, что по данным ряда исследователей, именно минорные таксоны могут быть индикаторами отклика почвенной биоты на те или иные воздействия. Есть данные, что многие предполагаемые полезные для растений грибы по-разному реагировали на агротехническую практику, причем наиболее отчетливые реакции были выявлены среди *Glomeromycota* (арбускулярные микоризные грибы) [47].

*Glomeromycota* – это монофилетическая группа почвенных грибов, которые образуют микоризные ассоциации почти с 80% наземных растений. *Glomeromycota* признаны наиболее распространенными арбускулярными микоризными грибами [21].

Арбускулярные микоризные грибы являются облигатными симбионтами, которые не могут быть культивированы в чистом виде и не могут расти без живого растения-хозяина. Они образуют мутуалистические ассоциации с корнями 80–90% наземных видов растений и могут составлять до 50% общей микробной биомассы почвы [39]. В почве Длительного полевого опыта представители этого филума были выявлены только в трех вариантах: монокультура озимой ржи, «вечный пар» и «севооборот во времени». Полученные данные о том, что грибы-микоризообразователи обнаружены в почве «вечного пара», подтверждают, что в почве постоянно сохраняется пул микроорганизмов, который служит источником изменения микробного сообщества [8].

*Entorrhizomycota* выявлены только при монокультуре льна и клевера, причем *Glomeromycota* именно в этих вариантах не были обнаружены.

Большинство видов, относящихся к филуму *Zoopagomycota*, – паразиты или хищники микроскопических животных, таких, как амёбы, нематоды, личинки насекомых [38]. Самое большое количество *Zoopagomycota* было выявлено в варианте «Вечный пар».

*Chytridiomycota* присутствовали во всех вариантах в количестве 1–3%. Самые низкие значения (0,94%) зафиксированы в варианте бессменного выращивания картофеля, а самое высокое значение (4,82%) – в почве, где соблюдался севооборот.

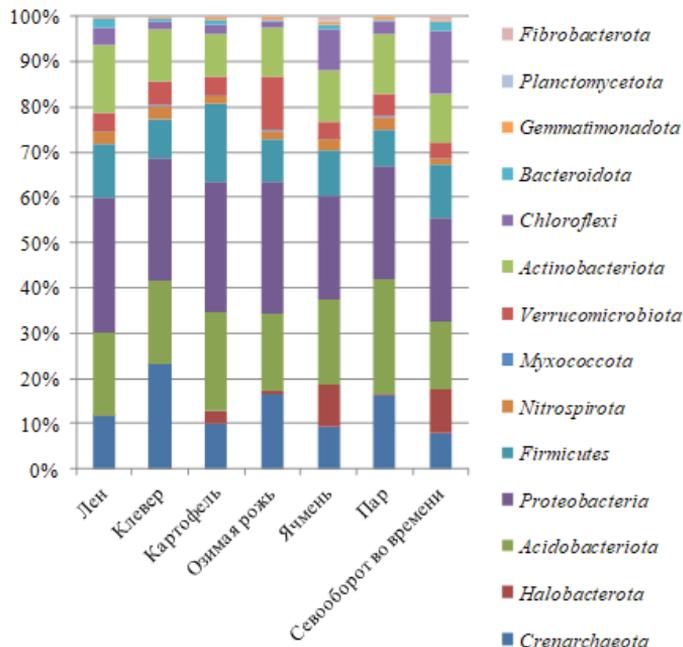
Значительное количество грибов (от 1,07% до 18,75%) во всех исследованных образцах не было классифицировано и отнесено к *Fungi unclassified*. Следует отметить, что из всех вариантов выделялся «севооборот во времени», где были отмечены самые высокие значения. Аналогичную картину наблюдали и другие исследователи, которые отмечали, что многие дифференциально представленные OTU во всех исследованных условиях представляли собой неопознанные виды или OTU, совпадающие на высоком уровне таксонов [38]. В целом использование молекулярных методов для анализа микробиома говорит о том, что подавляющее большинство грибов (более 93%) в настоящее время неизвестно. Это позволяет предположить, что количество видов грибов может составлять от 2,2 до 3,8 млн [30].

Таким образом, вид растения и его характеристики играют существенную роль в формировании микробных сообществ почв.

*Сравнение обилия прокариот на уровне филума по исследованным образцам.* Если грибная компонента микробиома почвы Длительного полевого опыта РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева методом высокопроизводительного секвенирования нами была исследована впервые, то прокариотическая составляющая исследовалась ранее [8, 9].

Результаты сравнения обилия представителей прокариотической составляющей микробиома по сгруппированным операционным таксономическим единицам представлены на рисунке 3. Археи представлены двумя филумами: *Crenarchaeota* и *Halobacterota*, бактерии же более разнообразны. При анализе было выявлено 11 филумов: *Acidobacteria*, *Actinobacteria*, *Bacteroidetes*, *Chloroflexi*, *Fibrobacteres*, *Firmicutes*, *Gemmatimonadetes*, *Nitrospirota*, *Planctomycetota*, *Proteobacteria*, *Verrucomicrobia*. Аналогичные данные при анализе микробиома почвы Длительного полевого опыта были получены ранее [8].

Археи присутствовали во всех вариантах опыта. Более 95% архей были отнесены к филумам *Crenarchaeota* и *Halobacterota*. Доминирующими археями являются представители филума *Crenarchaeota*, которые составляют от 7,95 до 22,91% в зависимости от варианта. Обычно на долю архей приходится значительная часть (примерно 20%) микроорганизмов почвы [5]. Археи могут существовать в условиях анаэробно-озиса. На основании анализа таксономического распределения диссимиляционных генов сульфатредукции показано, что *Halobacterota* и *Crenarchaeota* играют важную роль в диссимиляционной сульфатредукции [45].



**Рис. 3.** Таксономический профиль сообщества прокариот на уровне филума по исследованным образцам

Установлено, что количество *Crenarchaeota* было выше при монокультуре по сравнению с севооборотом, особенно при монокультуре клевера. Тот факт, что максимальная численность представителей этого филума была зафиксирована в варианте монокультуры клевера, согласуется с данными о том, что *Crenarchaeota* являются наиболее распространенными организмами, окисляющими аммиак в почвах [5]. *Halobacterota*, напротив, не были выявлены при монокультуре льна и клевера, но были обнаружены при монокультуре озимой ржи и картофеля, а также в варианте «вечного пара». Исключение составил вариант монокультуры ячменя, где была выявлена более высокая численность представителей этого таксона, сопоставимая с вариантом «Севооборот во времени». Почти все археи ассоциируются с экстремальными условиями, хотя встречаются повсеместно. По данным некоторых исследований, они тесно связаны с корнями растений [46].

Доминирующими бактериальными филумами являются *Proteobacteria* и *Acidobacteriota*, за которыми следуют *Actinobacteriota* и *Firmicutes*, а затем *Chloroflexi*.

*Proteobacteria* – самый многочисленный таксон бактерий с вкладом в сообщество порядка 20%. Относительное количество протеобактерий было выше в почве подо льном, где относительная численность достигла 29,30%. Наши результаты подтвердили данные, полученные при анализе микробиома почвы Длительного полевого опыта Ковриго с соавт. [9].

Наибольшая численность *Actinobacteriota* отмечена также в почве варианта с бессменным выращиванием льна (17,78%), затем – в почве под паром (13,09%). В остальных почвенных образцах существенные различия в их относительном обилии не выявлены. Бактерии *Actinobacteriota* участвуют в трансформации органического вещества и минерализации, оказывая влияние на доступность элементов питания для растений [43].

Наибольшая численность представителей филума *Firmicutes* отмечена в варианте с монокультурой картофеля (17,10%), затем – в почве участка, где наблюдали

севооборот (11,88%), и в почве варианта бессменного выращивания льна (11,66%). Эти бактерии могут хорошо адаптироваться к различным средам обитания, в том числе к дефициту питательных веществ и низким значениям pH [44]. Некоторые представители этого филума относятся к возбудителям болезней растений.

Что касается *Acidobacteriota*, то наибольшая их численность была в почве под паром, потому что монокультура и севооборот не способствовали повышению относительной численности этого таксона, так как наименьшая относительная численность отмечена в севообороте. *Acidobacteriota*, преимущественно олиготрофы, так же, как и *Firmicutes*, хорошо адаптированы не только к дефициту доступных субстратов, но и к кислой среде. При исследовании влияния удобрений и известкования на формирование микробного сообщества почвы было установлено, что наименьшее значение численности филы *Acidobacteriota* наблюдалось на участках, где вносили полный набор органических и минеральных удобрений, а самое высокое – на делянках без удобрений [9].

Филум *Chloroflexi* составляет 4,3% почвенных бактерий. Самые низкие значения были выявлены в вариантах с бессменным выращиванием всех культур опыта, за исключением ячменя, в то время как при соблюдении севооборота обилие представителей этого филума достигало 13,98%.

*Verrucomicrobiota* присутствовали во всех вариантах опыта в количестве от 3–4% до 10–12% в зависимости от варианта. Количество веррукомикробий в почве возрастало по вариантам в ряду: монокультура льна – монокультура ячменя – монокультура картофеля – «вечный пар» – монокультура клевера – севооборот во времени – монокультура озимой ржи. Известно, что эти бактерии обычно приурочены к верхним горизонтам почвы, богатым органическим веществом, и чувствительны к дефициту органических субстратов [55]. Полученные данные соотносятся с показателями углерода микробной биомассы (табл. 2).

*Fibrobacterota* присутствуют во всех образцах, но в незначительных количествах (менее 1%). Несмотря на это в образцах (ячмень) и (севооборот) обнаруживается значительное превышение в сравнении с остальными образцами. В варианте монокультуры льна не обнаружены представители филума *Fibrobacterota*, а в вариантах «Севооборот во времени» и «Вечный пар» не выявлен филум *Planctomycetota*.

Таким образом, результаты исследований подтвердили предположение [9] о том, что вид возделываемого растения является ключевым фактором в формировании микробных сообществ почвы в рамках определенной почвенной разности. При монокультуре сообщество адаптируется к существующим условиям и стабилизируется на определенном уровне.

*Дыхание почвы и метаболические коэффициенты по исследованным образцам.* Известно, что микробная биомасса почвы и ее дыхательная активность служат чувствительными индикаторами изменений в почве при разных воздействиях и включены в программы экологического мониторинга в некоторых европейских странах [4, 41, 42].

Показатели биологической активности почвы по вариантам опыта представлены в таблице 2.

Базальное дыхание отражает реакцию микробного сообщества, возникающую в результате поступления доступных субстратов в почву, и интенсивность минерализации органических веществ. Наиболее высокая интенсивность минерализации органического вещества отмечена в варианте «Севооборот во времени», а самая низкая – в варианте «Вечный пар». Известно, что вспашка почвы сопровождается усилением процессов окисления ее органического вещества. Вспашка чистого пара способствовала активизации минерализационных процессов и более интенсивному кратковременному поступлению углерода в атмосферу (почти 88 г CO<sub>2</sub>/(м<sup>2</sup> сут.) [13, 18].

**Содержание углерода микробной биомассы (Смик),  
скорость базального дыхания (БД), субстрат индуцированного дыхания (СИД)  
и значения микробного метаболического коэффициента в образцах почвы**

Варианты	Углерод микробной биомассы (Смик), мкг С/г почвы	Базальное дыхание, мкг С.СО <sub>2</sub> /гч	Метаболические коэффициенты	Субстрат индуцированное дыхание, мкг С.СО <sub>2</sub> /гч
Лен	20.07±3.13	0.15±0.07	0.31±0.19	0.49±0.07
Клевер	65.97±2.69	0.51±0.09	0.31±0.04	1.64±0.07
Картофель	20.60±0.65	0.25±0.13	0.50±0.28	0.50±0.02
Озимая рожь	59.47±1.34	0.23±0.08	0.16±0.05	1.48±0.03
Ячмень	28.62±7.30	0.41±0.05	0.59±0.07	0.71±0.18
Пар	42.40±6.88	0.11±0.04	0.11±0.04	1.05±0.17
Севооборот во времени	136.67±7.88	1.26±0.12	0.31±0.03	4.08±0.20

Полученные результаты базального дыхания свидетельствуют о том, что в почве под озимой рожью наблюдается стабильная деятельность почвенных микроорганизмов. Что касается почвы под паром, то в ней наблюдается неустойчивая деятельность микробного сообщества, поскольку микроорганизмы испытывают дефицит доступных органических субстратов. Микробное сообщество, сформировавшееся в почве при длительной монокультуре льна, картофеля и ячменя на фоне отсутствия удобрений, также функционирует неустойчиво.

Оценка биологической активности почв дается по метаболическому коэффициенту (отношение базального дыхания к субстрат-индуцированному дыханию) [14].

Диапазон коэффициента, при котором можно свидетельствовать об устойчивой активности почвенной биоты, лежит в пределах 0,15–0,25. Отклонение от оптимума в меньшую сторону говорит о том, что микробное сообщество подавлено и голодает, а отклонение в большую сторону – о том, что оно функционирует напряженно и неустойчиво. Согласно этому только в варианте монокультуры озимой ржи показатели базального дыхания приближаются к оптимальным. Однако высказано предположение [14] о том, что базальное дыхание и метаболический коэффициент имеют меньшую индикационную ценность по сравнению с показателями микробной биомассы. Содержание микробной биомассы в пробах почвы колебалось от 20,07±3,13 до 136,67±7,88 мкг С/г почвы.

Минимальные значения микробной биомассы были зафиксированы в вариантах бессменного выращивания льна и картофеля. В почве под паром микробная биомасса была вдвое выше, чем в почве подо льном и картофелем. Самые высокие значения микробной биомассы наблюдались в почве участка, где соблюдался севооборот, на втором месте – вариант монокультуры клевера. Эти результаты подтверждают, что бессменное выращивание культур является мощным стрессовым фактором. Наиболее сильное негативное воздействие оказывает монокультура таких растений, как лен и картофель.

## Выводы

1. Установлено, что монокультура и севооборот влияют на биологическое разнообразие почвенной биоты. Количество ОТЕ прокариот было выше при монокультуре по сравнению с севооборотом во времени. Самые высокие значения ОТЕ были выявлены в почве под озимой рожью (14820), а самый бедный микробиом по количеству таксонов оказался в почве, где осуществлялся севооборот (4339). Самое высокое значение ОТЕ грибов было отмечено в почве под паром (89276), на втором месте – вариант с севооборотом (75164).

Биологическое разнообразие грибной компоненты микробиома, согласно индексу Шеннона, было самым высоким в почве под паром (4.71), а самым низким – в варианте монокультуры картофеля (3.10). Для прокариотической компоненты, напротив, индекс Шеннона был самым высоким именно в варианте с бессменным выращиванием картофеля. Что касается индекса Чао1 (индекса богатства), то наибольшее его значение было в севообороте (511.7), а наименьшее – в почве под клевером (394.7).

2. Из всех обнаруженных филумов прокариот доминируют *Proteobacteria* (22–30%). Самые высокие значения были отмечены при монокультуре льна, картофеля и озимой ржи, а самые низкие – в варианте «Вечный пар». Второе место по численности занимают представители *Acidobacteriota* (14–25%). Следует отметить, что ниже всего была численность представителей этого филума в варианте «Севооборот во времени» и при монокультуре озимой ржи, когда *Actinobacteria* составляли от 9 до 17% прокариот микробиома. Наибольшая численность отмечена в почве варианта с бессменным выращиванием льна (17,78%), затем – в почве под паром (13,09%), а самая низкая – при монокультуре картофеля. *Firmicutes* составляли 7–18%, и больше всего представителей этого филума отмечено в варианте бессменного выращивания картофеля.

Количество веррукомикробий в почве возрастало по вариантам в ряду: монокультура льна – монокультура ячменя – монокультура картофеля – «вечный пар» – монокультура клевера – севооборот во времени – монокультура озимой ржи. Полученные данные соотносятся с показателями углерода микробной биомассы.

Филум *Chloroflexi* составляет 4,3% почвенных бактерий. Самые низкие его значения были выявлены в вариантах с бессменным выращиванием всех культур опыта, за исключением ячменя, в то время как при соблюдении севооборота обилие представителей этого филума достигало 13,98%.

Среди грибов преобладали филумы *Ascomycota*, *Mortierellomycota* и *Basidiomycota* соответственно, и они присутствовали во всех образцах почвы. Доминировали представители филума *Ascomycota*. Самые низкие значения численности *Mortierellomycota* были зафиксированы в вариантах монокультуры картофеля (9,71%) и льна (12,23%). Самый высокий процент грибов этого филума (24,67%) отмечен в составе микробиома, сформировавшегося при бессменном выращивании озимой ржи. *Basidiomycota* занимали третье место по количеству на основании анализа последовательностей генов ITS и составляли 2,03–14,86% от общего количества на уровне филума. Наибольшее обилие представителей филума *Basidiomycota* отмечено в почве подо льном – 14,86%.

3. Показано, что бессменное выращивание культур в целом негативно сказывается на функционировании микробного сообщества. При оптимальном значении метаболического коэффициента 0,2 при монокультуре они достигали 0,6. Устойчивость микробного сообщества почвы снижена в результате бессменного выращивания картофеля, льна и клевера на фоне без внесения органических и минеральных

удобрений, а также в варианте «вечного пара». Особенно неблагоприятные условия были отмечены при монокультуре картофеля. Бессменное выращивание зерновых, особенно озимой ржи, не ведет к существенному снижению активности почвенной биоты и устойчивости микробных сообществ почв. Севооборот позволяет оптимизировать микробиологические процессы в почве и повысить устойчивость микробного сообщества.

### Библиографический список

1. Аллелопатия растений и почвоутомление: Избранные труды / А.М. Гродзинский; Редкол.: В.Д. Романенко (отв. ред.) и др. / АН УССР. Центральный республиканский ботанический сад. – Киев: Наукова думка, 1991. – 432 с.
2. *Ананьева Н.Д.* Микробиологические аспекты самоочищения и устойчивости почв: монография. – М.: Наука, 2003. – 223 с.
3. *Антонов А.А., Баранова Е.Н., Гулевич А.А., Куренина Л.В., Ванькова А.А., Ралдугина Г.Н.* Модификация микробного сообщества ризосферы трансгенных растений томата с геном синтеза глицинбетаина // Известия ТСХА. – 2020. – № 5. – С. 18–29.
4. *Благodatская Е.В., Ананьева Н.Д.* Оценка устойчивости микробных сообществ в процессе разложения поллютантов в почве // Почвоведение. – 1996. – № 11. – С. 1341–1346.
5. *Воробьева Л.И.* Археи: учеб. пособие. – М.: Академкнига, 2007. – 447 с.
6. Добровольский Г.В. Экологическая роль почвы в биосфере и в жизни человека // Доклады по экологическому почвоведению. – 2007. – Т. 2, № 6. – С. 1–16.
7. *Доспехов Б.А., Кирюшин Б.Д.* Плодородие почвы в условиях севооборота и бессменных культур // Сельское хозяйство за рубежом. – 1979. – № 11. – С. 2–7.
8. *Думова В.А., Першина Е.В., Мерзлякова Я.В., Круглов Ю.В., Андронов Е.Е.* Основные тенденции в формировании почвенного микробного сообщества в условиях стационарного полевого опыта по данным высокопроизводительного секвенирования библиотек гена 16S-rРНК // Сельскохозяйственная биология. – 2013. – Т. 48, № 5. – С. 85–92.
9. *Корвиго И.О., Першина Е.В., Иванова Е.А., Матюк Н.С., Савоськина О.А., Чирак Е.Л., Проворов Н.А., Андронов Е.Е.* Оценка длительного воздействия агротехнических приемов и сельскохозяйственных культур на почвенные микробные сообщества // Микробиология. – 2016. – Т. 85, № 2. – С. 199–210.
10. *Красильников А.К.* Микроорганизмы почв и высшие растения. – М.: Изд-во АН СССР, 1958. – 466 с.
11. *Роговая С.В., Елсукова Е.Ю., Ананьева Н.Д.* Микробный компонент почв и его дыхательная активность в хвойных лесах северо-западного Приладожья // Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле. – 2016. – № 3. – С. 129–137.
12. *Сорокин Н.Д.* Микробиологический мониторинг нарушенных наземных экосистем Сибири // Известия Российской академии наук. Серия биологическая. – 2009. – № 6. – С. 728–733.
13. *Сушко С.В., Ананьева Н.Д., Иващенко К.В., Кудяров В.Н.* Эмиссия CO<sub>2</sub>, микробная биомасса и базальное дыхание чернозема при различном землепользовании // Почвоведение. – 2019. – № 9. – С. 1081–1091.
14. *Терехова В.А., Прудникова Е.В., Кулачкова С.А., Горленко М.В., Учанов П.В., Сушко С.В., Ананьева Н.Д.* Микробиологические показатели агродерново-подзолистых почв разной гумусированности при внесении тяжелых металлов и углеродсодержащих препаратов // Почвоведение. – 2021. – № 3. – С. 372–384.

15. Чернов Т.И., Тхакахова А.К., Лебедева М.П., Железова А.Д., Бгажба Н.А., Кутовая О.В. и др. Микробиомы контрастных по засолению почв солонцового комплекса Волго-Уральского междуречья // Почвоведение. – 2018. – № 9. – С. 1115–1124.
16. Чирак Е.Л., Першина Е.В., Дольник А.С., Кутовая О.В., Василенко Е.С., Козут Б.М., Мерзлякова Я.В., Андронов Е.Е. Таксономическая структура микробных сообществ в почвах различных типов по данным высокопроизводительного секвенирования библиотек гена 16S-rРНК // Сельскохозяйственная биология. – 2013. – Т. 48, № 3. – С. 100–109.
17. Шумилова Л.П., Куимова Н.Г. Изучение микробного сообщества городских почв методом газовой хроматографии масс-спектрометрии // Бюллетень физиологии и патологии дыхания. – 2013. – № 50. – С. 121–125.
18. Alvarez R., Alvarez R., Alvarez C.R., Lorenzo G. Carbon dioxide fluxes following tillage from a mollisol in the Argentine Rolling Pampa // Eur. J. Soil Biol. – 2001. – Т. 37. – С. 161–166. [https://doi.org/10.1016/S1164-5563\(01\)01085-8](https://doi.org/10.1016/S1164-5563(01)01085-8).
19. Balvanera P., Pfisterer A.B., Buchmann N., He J.S., Nakashizuka T., Raffaelli D., Schmid B. Quantifying the evidence for biodiversity effects on ecosystem functioning and services // Ecology letters. – 2006. – Т. 9, № 10. – С. 1146–1156.
20. Bay G., Lee C., Chen C., Mahal N.K., Castellano M.J., Hofmockel K.S., Halverson L.J. Agricultural management affects the active rhizosphere bacterial community composition and nitrification // Msystems. 2021. – Т. 6, № 5. – С. e00651–21. Doi: 10.1128/mSystems.00651–21.
21. Bonfante P., Venice F. Mucoromycota: going to the roots of plant-interacting fungi // Fungal Biology Reviews. – 2020. – Т. 34, № 2. – С. 100–113.
22. Challacombe J.F., Hesse C.N., Bramer L.M., McCue L.A., Lipton M., Purvine S., Nicora C., Gallegos-Graves L.V., Porras-Alfaro A., Kuske C.R. Genomes and secretomes of Ascomycota fungi reveal diverse functions in plant biomass decomposition and pathogenesis // BMC genomics. – 2019. – Т. 20, № 1. – С. 1–27.
23. Delgado-Baquerizo M. Microbial diversity drives multifunctionality in terrestrial ecosystems // Nature communications. – 2016. – Т. 7, № 1. – С. 10541.
24. Edgar R.C. Search and clustering orders of magnitude faster than BLAST // Bioinformatics. – 2010. – Т. 26, № 19. – С. 2460–2461.
25. Egidi E., Delgado-Baquerizo M., Plett J.M., Wang J., Eldridge D.J., Bardgett R.D., Maestre F.T., Singh B.K. A few Ascomycota taxa dominate soil fungal communities worldwide // Nature communications. – 2019. – Т. 10, № 1. – С. 2369.
26. Frac M., Hannula S.E., Belka M., Jędrzycka M. Fungal biodiversity and their role in soil health // Front. Microbiol. – 2018. – Т. 9. – С. 707. Doi: 10.3389/fmicb.2018.00707.
27. Frey B., Rime T., Phillips M., Stierli B., Hajdas I., Widmer F. Microbial M. diversity in European alpine permafrost and active layers // FEMS microbiology ecology. – 2016. – Т. 92, № 3. – С. fiw018.
28. Graham E.B. et al. Microbes as Engines of Ecosystem Function: When Does Community Structure Enhance Predictions of Ecosystem Processes / E.B. Graham, J.E. Knelman, A. Schindlbacher, S. Siciliano, M. Breulmann, A. Yannare, J.M. Beman, G. Abe, L. Philippot, J. Prosser, A. Foulquier, J.C. Yuste, H.C. Glanville, D.L. Jones, R. Angel, J. Salminen, R.J. Newton, H. Bürgmann, L.J. Ingram, U. Hamer H.M.P. Siljanen K. Peltoniemi, K. Potthast, L. Bañeras, M. Hartmann, S. Banerjee, R. Yu, G. Nogaró, A. Richter, M. Koranda, S.C. Castle, M. Goberna, B. Song, A. Chatterjee, O.C. Nunes, A.R. Lopes, Y. Cao, A. Kaisermann, S. Hallin, M.S. Strickland, J. Garcia-Pausas J. Barba, H. Kang, K. Isobe, S. Papaspyrou, R. Pastorelli, A. Lagomarsino, E.S. Lindström, N. Basiliko, D.R. Nemergut // Front. Microbiol. Sec. Terrestrial Microbiology. – 2016. – 24 February. – Т. 7. – С. 214. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.00214>.

29. Hartmann A., Schmid M., Van Tuinen D., Berg G. Plant-driven selection of microbes // *Plant and Soil*. – 2009. – T. 321. – Pp. 235–257.
30. Hawksworth D.L., Lücking R. Fungal diversity revisited: 2.2 to 3.8 million species // *Microbiology spectrum*. – 2017. – T. 5, № 4. – C. 10–1128.
31. Klaubauf S., Inselsbacher E., Zechmeister-Boltenstern S., Wanek W., Gottsberger R., Strauss J. Molecular diversity of fungal communities in agricultural soils from lower Austria // *Fungal Div.* – 2010. – T. 44. – C. 65–75. Doi: 10.1007/s13225-010-0053-1.
32. Ling N., Wang T., Kuzyakov Y. Rhizosphere bacteriome structure and functions // *Nature Communications*. – 2022. – T. 13, № 1. – C. 836.
33. Magoč T., Salzberg S.L. FLASH: fast length adjustment of short reads to improve genome assemblies // *Bioinformatics*. – 2011. – T. 27, № 21. – C. 2957–2963.
34. Magurran A.E. Measuring biological diversity // *Current Biology*. – 2021. – T. 31, № 19. – C. R1174-R1177.
35. Marschner P., Yang C.H., Lieberei R., Crowley D.E. Soil and plant specific effects on bacterial community composition in the rhizosphere // *Soil biology and biochemistry*. – 2001. – T. 33, № 11. – C. 1437–1445.
36. Morgan J.A., Bending G.D., White P.J. Biological costs and benefits to plant – microbe interactions in the rhizosphere // *Journal of experimental botany*. – 2005. – T. 56, № 417. – C. 1729–1739.
37. Navarro-Noya Y.E., Gómez-Acata S., Rojas-Valdez N. Relative impacts of tillage, residue management and crop-rotation on soil bacterial communities in a semi-arid agroecosystem // *Soil Biology and Biochemistry*. – 2013. – T. 65. – C. 86–95.
38. Orrù L., Canfora L., Trinchera A., Migliore M., Pennelli B., Marcucci A., Farina R., Pinzari F. How tillage and crop rotation change the distribution pattern of fungi // *Frontiers in Microbiology*. – 2021. – C. 1469.
39. Prasad P.V., Bheemanahalli R., Jagadish S.K. Field crops and the fear of heat stress – opportunities, challenges and future directions // *Field Crops Research*. – 2017. – T. 200. – C. 114–121.
40. Quesada-Moraga E., Garrido-Jurado I., González-Mas N., Yousef-Yousef M. Ecosystem services of entomopathogenic ascomycetes // *Journal of Invertebrate Pathology*. – 2023. – T. 201. – C. 108015.
41. Reed H.E., Martiny J.B.H. Testing the functional significance of microbial composition in natural communities // *FEMS microbiology ecology*. – 2007. – T. 62, № 2. – C. 161–170.
42. Ritz K., Black H.I.J., Campbell C.D., Harris J.A., Wood C. Selecting biological indicators for monitoring soils: A framework for balancing scientific and technical opinion to assist policy development // *Ecological Indicators*. – 2009. – Vol. 9. – Pp. 1212–1221. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2009.02.009>.
43. Servin J.A., Herbold C.W., Skophammer R.G., Lake J.A. Evidence excluding the root of the tree of life from the actinobacteria // *Molecular biology and evolution*. – 2008. – T. 25, № 1. – C. 1–4.
44. Shu X., Zhang K., Zhang Q., Wang W. Changes in the composition of rhizosphere bacterial communities in response to soil types and acid rain // *Journal of Environmental Management*. – 2023. – T. 325. – C. 116493.
45. Shuming Mo. *et al.* Impacts of Crenarchaeota and Halobacterota on sulfate reduction in the subtropical mangrove ecosystem as revealed by SMDB analysis / Mo. Shuming Li. Jinhui, Li. Bin Yu. Ran, Nie. Shiqing, Zhang. Zufan, Kashif. Muhammad He. Sheng, Liao. Jianping, Jiang. Qiong, Shen. Peihong, Yan. Bing, Jiang. Chengjian // *BioRxiv*. – 2020. – C. 8. Doi: <https://doi.org/10.1101/2020.08.16.252635>.

46. Simon H.M., Jahn C.E., Bergerud L.T., Sliwinski M.K., Weimer P.J., Willis D.K., Goodman R.M. Cultivation of mesophilic soil crenarchaeotes in enrichment cultures from plant roots // *Applied and Environmental Microbiology*. – 2005. – T. 71, № 8. – C. 4751–4760.
47. Sommermann L., Geistlinger J., Wibberg D., Deubel A., Zwanzig J., Babin D., Schlüter A., Schellenberg I. Fungal community profiles in agricultural soils of a long-term field trial under different tillage, fertilization and crop rotation conditions analyzed by high-throughput ITS-amplicon sequencing // *PLOS ONE*. – 2018. – T. 13, № 4. – C. e0195345.
48. Stromberger M. Fire vs. Metal: A Laboratory Study Demonstrating Microbial Responses to Soil Disturbances // *Journal of Natural Resources and Life Sciences Education*. – 2005. – T. 34, № 1. – C. 1–7. <https://doi.org/10.2134/jnrlse.2005.0001>.
49. Tedersoo L., Smith M.E. Lineages of ectomycorrhizal fungi revisited: Foraging strategies and novel lineages revealed by sequences from belowground // *Fungal Biology Reviews*. – 2013. – T. 27, № 3–4. – C. 83–99.
50. Tedersoo L., Mikryukov V., Anslan S., Bahram M., Khalid A.N., Adriana Corrales A. The Global Soil Mycobiome consortium dataset for boosting fungal diversity research // *Fungal Diversity*. – 2021. – T. 111. – C. 573–588. <https://doi.org/10.1007/s13225-021-00493-7>.
51. Van Der Heijden M.G.A., Bardgett R.D., Van Straalen N.M. The unseen majority: soil microbes as drivers of plant diversity and productivity in terrestrial ecosystems // *Ecology letters*. – 2008. – T. 11, № 3. – C. 296–310.
52. Vancov T., Keen B. Amplification of soil fungal community DNA using the ITS86F and ITS4 primers // *FEMS microbiology letters*. – 2009. – T. 296, № 1. – C. 91–96.
53. Vega F.E., Meyling N.V., Luangsa-ard J.J., Blackwell M. Fungal Entomopathogens // *Insect Pathology (Second Edition)*. – 2012. – C. 171–220.
54. Wang Q., Garrity G.M., Tiedje J.M., Cole J.R. Naive Bayesian classifier for rapid assignment of rRNA sequences into the new bacterial taxonomy // *Applied and environmental microbiology*. – 2007. – T. 73, № 16. – C. 5261–5267.
55. Zharkova E.K. et al. Bacterial communities of Lamiaceae L. medical plants: structural features and rhizosphere effect / A.A. Vankova, O.V. Selitskaya, E.L. Malankina, N.V. Drenova, A.D. Zhelezova, Khlyustov V.K. S.L. Belopukhov, A.V. Zhevnerov, L.A. Sviridova, T.N. Fomina, A.V. Kozlov // *Microorganisms*. – 2023. – T. 11, № 1. – C. 197.

## EVALUATION OF THE LONG-TERM EFFECTS OF THE PERMANENT CROPPING ON SOIL MICROBIAL COMMUNITIES

ALSAYED NOUR<sup>1</sup>, O.V. SELITSKAYA<sup>1</sup>, L.A. POZDNYAKOV<sup>2</sup>,  
I.A. ZAVERTKIN<sup>1</sup>, E.A. SHUBINA<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy;

<sup>2</sup>Lomonosov Moscow State University)

*The study of soil microbial communities under different agricultural crops (flax, clover, barley, potato, winter rye) grown in permanent cropping and crop rotation was carried out. The effect of permanent cropping and crop rotation on the taxonomic profile of the prokaryotic and fungal components of the soil microbiome was studied. The effect of permanent cropping and crop rotation on the metabolic intensity and stability of soil biota in the absence of mineral and organic fertilisers was assessed. The subject of the research was the long-term experience established in 1912 by Professor A.G. Doyarenko at the Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, founded in 1912 by Professor A.G. Doyarenko. It was shown that the highest OUT (operational taxonomic units) values for fungi were found in soils under fallow and crop rotation. For prokaryotes, however, the crop rotation variant had the lowest number of OTUs. Ascomycetes were found*

to be the dominant fungal taxon in all samples studied. Prokaryotes were dominated by Proteobacteria and Acidobacteriota, followed by Actinobacteriota and Firmicutes, and Chloroflexi were represented to a lesser extent. Among the archaea, the Crenarcheota phylum was dominant. It was shown that continuous cultivation of crops generally has a negative effect on the functioning of the microbial community. With an optimal metabolic coefficient of 0.2 in monoculture, they reached 0.6. The sustainability of the soil microbial community is reduced by the continuous cultivation of potatoes, flax and clover without organic and mineral fertilizers, as well as by the “perpetual fallow” option. Particularly unfavorable conditions were found in potato monoculture. Continuous cultivation of cereals, especially winter rye, does not lead to a significant decrease in the activity of soil biota and the stability of soil microbial communities. Crop rotation makes it possible to optimize microbiological processes in the soil and to increase the stability of the soil microbial community.

**Keywords:** biodiversity, monoculture, permanent crops, crop rotation, soil, fungi, prokaryotes, respiration, sustainability.

## References

1. Grodzinskiy A.M. *Plant allelopathy and soil fatigue: selectas*. Ed. by V.D. Romanenko (chief editor) et al. Academy of Sciences of the Ukrainian SSR. Central Republican Botanical Garden. Kiev, Ukrain: Nauk. dumka, 1991:432. (In Russ.)
2. Anan'eva N.D. *Microbiological aspects of self-purification and soil stability*. Moscow, Russia: Nauka, 2003:223. (In Russ.)
3. Antonov A.A., Baranova E.N., Gulevich A.A., Kurenina L.V. et al. Modified composition of microbial community in the rhizosphere of transgenic tomato plants with a glycine betaine syntesis gene. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy (TAA)*. 2020;(5):18–29. (In Russ.)
4. Blagodatskaya E.V., Anan'eva N.D. Assessment of the resistance of soil microbial communities to pollutants. *Eurasian Soil Science*. 1996;11:1341–1346. (In Russ.)
5. Vorob'eva L.I. *Archaea*. Moscow, Russia: Akademkniga, 2007:447. (In Russ.)
6. Dobrovolskiy G.V. Ecological role of soil in the biosphere and in human life. *Doklady po ekologicheskomu pochvovedeniyu*. 2007;2(6):1–16. (In Russ.)
7. Dosphehov B.A., Kiryushin B.D. Soil fertility in conditions of crop rotation and permanent crops. *S. kh. za rubezhom*. 1979;11:2–7. (In Russ.)
8. Dumova V.A., Pershina E.V., Merzlyakova Ya.V., Kruglov Yu.V., Andronov E.E. The main trends in dynamics of soil microbiom during a long-term field experiment as indicated by high throughput sequencing 16S-rRNA gene libraries. *Agricultural Biology*. 2013;48(5):85–92. (In Russ.)
9. Corvigo I.O., Pershina E.V., Ivanova E.A., Chirak E.L. et al. Effect of long-term application of agrotechnical techniques and crops on soil microbial communities. *Microbiology*. 2016;85(2):199–210. (In Russ.)
10. Krasilnikov A.K. *Soil microorganisms and higher plants*. Moscow, USSR: Publishing House of the USSR Academy of Sciences, 1958:466. (In Russ.)
11. Rogovaia S.V., Elsukova E.Yu., Ananyeva N.D. Soil microbial component and its respiratory activity in coniferous forests of the Northwest Priladozhje area. *Vestnik of Saint Petersburg University. Earth Sciences*. 2016;3:129–137. (In Russ.)
12. Sorokin N.D. Microbiological monitoring of disturbed ground ecosystems of Siberia. *Proceedings of the Russian Academy of Sciences. Biological Series*. 2009;6:728–733. (In Russ.)
13. Sushko S.V., Anan'eva N.D., Ivashchenko K.V., Kudayarov V.N. CO<sub>2</sub> emission, microbial biomass and basal respiration of chernozem under different land uses. *Eurasian Soil Science*. 2019;9:1081–1091. (In Russ.)

14. Terekhova V.A., Prudnikova E.V., Kulachkova S.A., Gorlenko M.V. et al. Microbiological indicators of heavy metals and carbon-containing preparations to agrosoddy-podzolic soils differing in humus content. *Eurasian Soil Science*. 2021;3:372–384. (In Russ.)
15. Chernov T.I., Tkhakakhova A.K., Lebedeva M.P., Zhelezova A.D. et al. Microbiomes of the soils of solonchic complex with contrasting salinization on the Volga–Ural interfluvium. *Eurasian Soil Science*. 2018;9:1115–1124. (In Russ.)
16. Chirak E.L., Pershina E.V., Dol'nik A.S., Kutovaya O.V. et al. Taxonomic structure of microbial association in different soils investigated by high-throughput sequencing of 16S-rRNA gene library. *Agricultural Biology*. 2013;48(3):100–109. (In Russ.)
17. Shumilova L.P., Kuimova N.G. The study of microbial association in city soils by the gas chromatography-mass spectrometry method. *Bulletin Physiology and Pathology of Respiration*. 2013;(50):121–125. (In Russ.)
18. Alvarez R., Alvarez C.R., Lorenzo G. Carbon dioxide fluxes following tillage from a mollisol in the Argentine Rolling Pampa. *Eur. J. Soil Biol.* 2001;37:161–166. [https://doi.org/10.1016/S1164-5563\(01\)01085-8](https://doi.org/10.1016/S1164-5563(01)01085-8)
19. Balvanera P., Pfisterer A.B., Buchmann N., He J.S. et al. Quantifying the evidence for biodiversity effects on ecosystem functioning and services. *Ecology Letters*. 2006;9(10):1146–1156.
20. Bay G., Lee C., Chen C., Mahal N.K. et al. Agricultural management affects the active rhizosphere bacterial community composition and nitrification. *Msystems*. 2021;6(5): e00651–21. <https://doi.org/10.1128/mSystems.00651-21>
21. Bonfante P., Venice F. Mucoromycota: going to the roots of plant-interacting fungi. *Biology Reviews*. 2020;34(2):100–113.
22. Challacombe J.F., Hesse C.N., Bramer L.M., McCue L.A. et al. Genomes and secretomes of Ascomycota fungi reveal diverse functions in plant biomass decomposition and pathogenesis. *BMC Genomics*. 2019;20(1):1–27.
23. Delgado-Baquerizo M. Microbial diversity drives multifunctionality in terrestrial ecosystems. *Nature Communications*. 2016;7(1):10541.
24. Edgar R.C. Search and clustering orders of magnitude faster than BLAST. *Bioinformatics*. 2010;26(19):2460–2461.
25. Egidi E., Delgado-Baquerizo M., Plett J.M., Wang J. et al. A few Ascomycota taxa dominate soil fungal communities worldwide. *Nature Communications*. 2019;10(1):2369.
26. Frąc M., Hannula S.E., Bełka M., Jędrzycka M. Fungal biodiversity and their role in soil health. *Front. Microbiol.* 2018;9:707. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.00707>
27. Frey B., Rime T., Phillips M., Stierli B. et al. Microbial diversity in European alpine permafrost and active layers. *FEMS Microbiology Ecology*. 2016;92(3): fiw018.
28. Graham E.B., Knelman J.E., Schindlbacher A., Siciliano S. et al. Microbes as Engines of Ecosystem Function: When Does Community Structure Enhance Predictions of Ecosystem Processes? *Front. Microbiol.*, 24 February 2016: Sec. Terrestrial Microbiology. 2016;7:214. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.00214>
29. Hartmann A., Schmid M., Van D. Tuinen, Berg G. Plant-driven selection of microbes. *Plant and Soil*. 2009;321:235–257
30. Hawksworth D.L., Lücking R. Fungal diversity revisited: 2.2 to 3.8 million species. *Microbiology Spectrum*. 2017;5(4):10–1128.
31. Klaubauf S., Inselsbacher E., Zechmeister-Boltenstern S., Wanek W. et al. Molecular diversity of fungal communities in agricultural soils from lower Austria. *Fungal Div*. 2010;44:65–75. <https://doi.org/10.1007/s13225-010-0053-1>
32. Ling N., Wang T., Kuzyakov Y. Rhizosphere bacteriome structure and functions. *Nature Communications*. 2022;13(1):836.

33. Magoč T., Salzberg S.L. FLASH: fast length adjustment of short reads to improve genome assemblies. *Bioinformatics*. 2011;27(21):2957–2963.
34. Magurran A.E. Measuring biological diversity. *Current Biology*. 2021;31(19):R1174-R1177.
35. Marschner P., Yang C.H., Lieberei R., Crowley D.E. Soil and plant specific effects on bacterial community composition in the rhizosphere. *Soil Biology and Biochemistry*. 2001;33(11):1437–1445
36. Morgan J.A., Bending G.D., White P.J. Biological costs and benefits to plant–microbe interactions in the rhizosphere. *Journal of Experimental Botany*. 2005;56(417):1729–1739.
37. Navarro-Noya Y.E., Gómez-Acata S., Rojas-Valdez N. Relative impacts of tillage, residue management and crop-rotation on soil bacterial communities in a semi-arid agroecosystem. *Soil Biology and Biochemistry*. 2013;65:86–95.
38. Orrù L., Canfora L., Trinchera A., Migliore M. et al. How tillage and crop rotation change the distribution pattern of fungi. *Frontiers in Microbiology*. 2021:1469.
39. Prasad P.V., Bheemanahalli R., Jagadish S.K. Field crops and the fear of heat stress—opportunities, challenges and future directions. *Field Crops Research*. 2017;200:114–121.
40. Quesada-Moraga E., Garrido-Jurado I., González-Mas N., Yousef-Yousef M. Ecosystem services of entomopathogenic ascomycetes. *Journal of Invertebrate Pathology*. 2023;201:108015.
41. Reed H.E., Martiny J.B.H. Testing the functional significance of microbial composition in natural communities. *FEMS Microbiology Ecology*. 2007;62(2):161–170.
42. Ritz K., Black H.I.J., Campbell C.D., Harris J.A., Wood C. Selecting biological indicators for monitoring soils: A framework for balancing scientific and technical opinion to assist policy development. *Ecological Indicators*. 2009;9:1212–1221. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2009.02.009>
43. Servin J.A., Herbold C.W., Skophammer R.G., Lake J.A. Evidence excluding the root of the tree of life from the actinobacteria. *Molecular Biology and Evolution*. 2008;25(1):1–4.
44. Shu X., Zhang K., Zhang Q., Wang W. Changes in the composition of rhizosphere bacterial communities in response to soil types and acid rain. *Journal of Environmental Management*. 2023;325:116493.
45. Shuming Mo, Jinhui Li, Bin Li, Ran Yu et al. Impacts of Crenarchaeota and Halobacterota on sulfate reduction in the subtropical mangrove ecosystem as revealed by SMDDB analysis. *BioRxiv*. 2020:08. <https://doi.org/10.1101/2020.08.16.252635>
46. Simon H.M., Jahn C.E., Bergerud L.T., Sliwinski M.K. et al. Cultivation of mesophilic soil crenarchaeotes in enrichment cultures from plant roots. *Applied and Environmental Microbiology*. 2005;71(8):4751–4760.
47. Sommermann L., Geistlinger J., Wibberg D., Deubel A. et al. Fungal community profiles in agricultural soils of a long-term field trial under different tillage, fertilization and crop rotation conditions analyzed by high-throughput ITS-amplicon sequencing. *PLOS ONE*. 2018;13(4): e0195345.
48. Stromberger M. Fire vs. Metal: A Laboratory Study Demonstrating Microbial Responses to Soil Disturbances. *Journal of Natural Resources and Life Sciences Education*. 2005;34(1):1–7. <https://doi.org/10.2134/jnrlse.2005.0001>
49. Tedersoo L., Smith M.E. Lineages of ectomycorrhizal fungi revisited: Foraging strategies and novel lineages revealed by sequences from belowground. *Fungal Biology Reviews*. 2013;27(3–4):83–99.
50. Tedersoo L., Mikryukov V., Anslan S., Bahram M. et al. The Global Soil Mycobiome consortium dataset for boosting fungal diversity research. *Fungal Diversity*. 2021;111:573–588. <https://doi.org/10.1007/s13225-021-00493-7>

51. Van Der Heijden M.G.A., Bardgett R.D., Van Straalen N.M. The unseen majority: soil microbes as drivers of plant diversity and productivity in terrestrial ecosystems. *Ecology Letters*. 2008;11(3):296–310.
52. Vancov T., Keen B. Amplification of soil fungal community DNA using the ITS86F and ITS4 primers. *FEMS Microbiology Letters*. 2009;296(1):91–96.
53. Vega F.E., Meyling N.V., Luangsa-ard J.J., Blackwell M. Fungal Entomopathogens. *Insect Pathology (Second Edition)*. 2012:171–220.
54. Wang Q., Garrity G.M., Tiedje J.M., Cole J.R. Naive Bayesian classifier for rapid assignment of rRNA sequences into the new bacterial taxonomy. *Applied and Environmental Microbiology*. 2007;73(16):5261–5267.
55. Zharkova E.K., Vankova A.A., Selitskaya O.V., Malankina E.L. et al. Bacterial communities of Lamiacea L. medical plants: structural features and rhizosphere effect. *Microorganisms*. 2023;11(1):197.

### Сведения об авторах

**Альсаед Нур**, соискатель кафедры микробиологии и иммунологии, РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; e-mail: nooranoorano0a92@gmail.com

**Селицкая Ольга Валентиновна**, канд. биол. наук, доцент, доцент кафедры микробиологии и иммунологии, РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; e-mail: oselitskaya@rgau-msha.ru

**Поздняков Лев Анатольевич**, канд. биол. наук, доцент, доцент кафедры биологии почв МГУ имени М.В. Ломоносова; e-mail: apl-223@mail.ru

**Заверткин Игорь Анатольевич**, канд. с.-х. наук, доцент, и.о. заведующего кафедрой земледелия и методики опытного дела, РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; e-mail: izavyortkin@rgau-msha.ru

**Шубина Екатерина Александровна**, студент, РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; e-mail: ketshu@mail.ru

### Information about the authors

**Nour Alsayed**, Applicant at the Department of Microbiology and Immunology, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation; e-mail: nooranoorano0a92@gmail.com)

**Olga V. Selitskaya**, CSc (Bio), Associate Professor, Associate Professor at the Department of Microbiology and Immunology, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation; e-mail: oselitskaya@rgau-msha.ru)

**Lev A. Pozdnyakov**, CSc (Bio), Associate Professor, Associate Professor at the Department of Soil Biology, Lomonosov Moscow State University (1 Leninskie gory, Moscow, 119991, Russian Federation; e-mail: apl-223@mail.ru)

**Igor A. Zavertkin**, CSc (Agr), Associate Professor, Acting Head of the Department of Agriculture and Experimental Methodology, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation; e-mail: izavyortkin@rgau-msha.ru)

**Ekaterina A. Shubina**, Student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation; e-mail: ketshu@mail.ru)

## ПОСТУПЛЕНИЕ $^{137}\text{Cs}$ В ПОЧВУ ИЗ ЛУГОВЫХ РАСТЕНИЙ ПРИ АЭРАЛЬНОМ ЗАГРЯЗНЕНИИ И ФОРМИРОВАНИЕ ПЕРВИЧНЫХ ГРАДИЕНТОВ КОНЦЕНТРАЦИЙ ЭТОГО ПОЛЛЮТАНТА В ПОЧВЕ НА АГРЕГАТНОМ УРОВНЕ

С.П. ТОРШИН, Г.А. СМОЛИНА, Ю.Е. ГУСЕВА

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

*В модельных опытах в полевых условиях Александровского района Владимирской области изучали поступление  $^{137}\text{Cs}$  из различных луговых растений в дерново-подзолистую тяжелосуглинистую почву. Радионуклид в виде водного раствора нитрата цезия наносили на поверхность листа среднего яруса, предотвращая попадание  $^{137}\text{Cs}$  на почву. В качестве опытных растений были использованы представители разных семейств: манжетка обыкновенная (*Alchemilla vulgaris* L.), семейство розоцветные; дудник лесной (*Angelica sylvestris* L.), семейство сельдерейные; лютик едкий (*Ranunculus acer* L.), семейство лютиковые; пижма обыкновенная (*Tanacetum vulgare* L.), семейство астровые; тимофеевка луговая (*Phleum pratense* L.), семейство мятликовые. Результаты опытов показали, что 2,7–6,9% от внесенного радиоцезия может попадать в почву через корневые выделения, причем наибольшее количество поллютанта было обнаружено в почве вариантов с дудником лесным, наименьшее – с пижмой обыкновенной.  $^{137}\text{Cs}$ , поступивший в почву, накапливался преимущественно в самом верхнем (0–4 см) горизонте; в нижележащих слоях (4–12 см) радиоцезия было найдено в 1,2–6,7 раза меньше. На агрегатном уровне  $^{137}\text{Cs}$  концентрировался в основном на поверхности самых мелких почвенных частиц, размер которых составлял <0,5 и 0,5–1 мм.*

**Ключевые слова:** радиоцезий, луговые растения, дерново-подзолистая почва, почвенные агрегаты, корневые выделения.

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

### Введение

Несмотря на то, что радиационная авария на ЧАЭС (Чернобыльская атомная электростанция) насчитывает более 35 лет, радионуклидное загрязнение обширных территорий нашей страны остается актуальным ввиду присутствия в составе выбросов долгоживущих радиоактивных поллютантов – в частности, радиоцезия. До настоящего времени остаются неясными некоторые вопросы загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  компонентов наземных экосистем. Изучение поведения радионуклидов-поллютантов в почвах обычно сводится к исследованию путей их поступления и распределения по профилю и по почвенным агрегатам. Такой подход применяется как к опытным, так и к прогнозным оценкам, а также при создании моделей миграции радиоизотопов в почвах.

Установлено, что радионуклиды, выпавшие на листья растений из атмосферы, могут попадать внутрь растения и перемещаться по нему, причем из наиболее экологически значимых радионуклидов-загрязнителей – радиоцезия и радиостронция – последний практически не передвигается по растению, тогда как  $^{137}\text{Cs}$  отличается мобильностью, перемещаясь как в верхнюю часть растения до точки роста, так и с нисходящим флоэмным током, попадая в почву посредством корневых выделений [3–6]. Однако до настоящего времени не установлены количественные размеры

такого поступления, а также влияние видовой и родовой принадлежности растений на величину этого процесса, особенно для дикорастущей растительности.

Кроме того, малоизученным остается характер распределения искусственных радиоактивных изотопов-загрязнителей окружающей среды по почвенным агрегатам. Предыдущими исследованиями со структурированными почвами было показано, что почвенный агрегат в разных его частях неравномерен по химическим свойствам [8, 9]. Аналогичные различия были обнаружены и в распределении внутри агрегата радионуклидных загрязнений. Показано, что  $^{137}\text{Cs}$  локализуется в основном на поверхности почвенного агрегата, в слое толщиной в несколько миллиметров, не проникая во внутриведную массу (ВПМ). Существенным барьером на пути миграции радиоцезия являются многослойные вторичные глинистые минералы, прочно сорбирующие радионуклид в межпакетном пространстве [10]. Однако способ попадания поллютанта в почву не обсуждался.

При механическом вмешательстве (вспашка, боронование и т.д.) происходит нарушение сложившегося градиента концентраций, поэтому стойкая дифференциация концентраций радиоцезия в почвенных агрегатах в системе «Поверхность-ВПМ» в течение ряда лет наблюдается только на ненарушенных тяжелых почвах нативного сложения [1, 2, 7].

**Цель исследований:** изучение возможности и размеров поступления  $^{137}\text{Cs}$  в почву через корни из луговых растений и сорбции этого поллютанта почвенными агрегатами различного размера.

### Материал и методы исследований

В работе приводятся результаты натуральных экспериментов, проведенных в Александровском районе Владимирской области, с естественными луговыми растениями. Опыты проводили на дерново-подзолистой почве, сформированной на покровном суглинке. Гранулометрический состав почвы – тяжелый суглинок. Некоторые агрохимические характеристики почвы представлены в таблице 1.

Таблица 1

#### Некоторые агрохимические свойства опытной почвы

Гумус, %	pH <sub>KCl</sub>	Hг	S	V, %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
		мг×экв/100 г			по Кирсанову, мг/кг	
2,9±0,1	6,3±0,2	1,7±0,2	13,3±1,4	88,7	140±15	170±10

Для опытов брали наиболее распространенные на этой территории лугово-пастбищные растения разных семейств: манжетку обыкновенную (*Alchemilla vulgaris* L.), семейство розоцветных; дудник лесной (*Angelica sylvestris* L.), семейство сельдерейных; лютик едкий (*Ranunculus acer* L.), семейство лютиковых; пижму обыкновенную (*Tanacetum vulgare* L.), семейство астровых; тимopheевку луговую (*Phleum pratense* L.), семейство мятликовых. Водный раствор нитрата радиоцезия (активность  $^{137}\text{Cs}$  в объеме 1 мл – 42 кБк) посредством микропипетки в натуральных условиях наносили на листья вегетирующих растений в конце мая. Поверхность почвы под растениями тщательно экранировали во избежание попадания радионуклида в почву. По истечении 30 суток отбирали образцы почвы под каждым растением с квадратной площадки площадью 900 см<sup>2</sup> до глубины 12 см в трехкратной повторности. Образцы

почвы высушивали, разделяли по размеру на фракции системой сит и определяли активность радионуклида. Отдельно в почве измеряли содержание радиоцезия в растительных остатках. Активность  $^{137}\text{Cs}$  определяли на сцинтилляционном спектрометре 2480 Wizard (Perkin Elmer, Wallac, США, Финляндия). Ошибка при радиометрических измерениях не превышала 5%.

### Результаты и их обсуждение

Радиоцезий, нанесенный на листья растений, в разных количествах поступал в почву (рис. 1). Во всех изученных вариантах опыта  $^{137}\text{Cs}$  концентрировался в основном в верхнем слое почвы 0–4 см в большей степени в агрегатах размером менее 5 мм. Однако удельная активность радиоцезия под разными растениями существенно различалась. Наибольшая удельная активность  $^{137}\text{Cs}$  (23,6 Бк/кг) была обнаружена в почве под лютиком едким, наименьшая (6,5 Бк/кг) – под тимофеевкой луговой. В почве под остальными видами растений были получены средние значения удельной активности  $^{137}\text{Cs}$ .

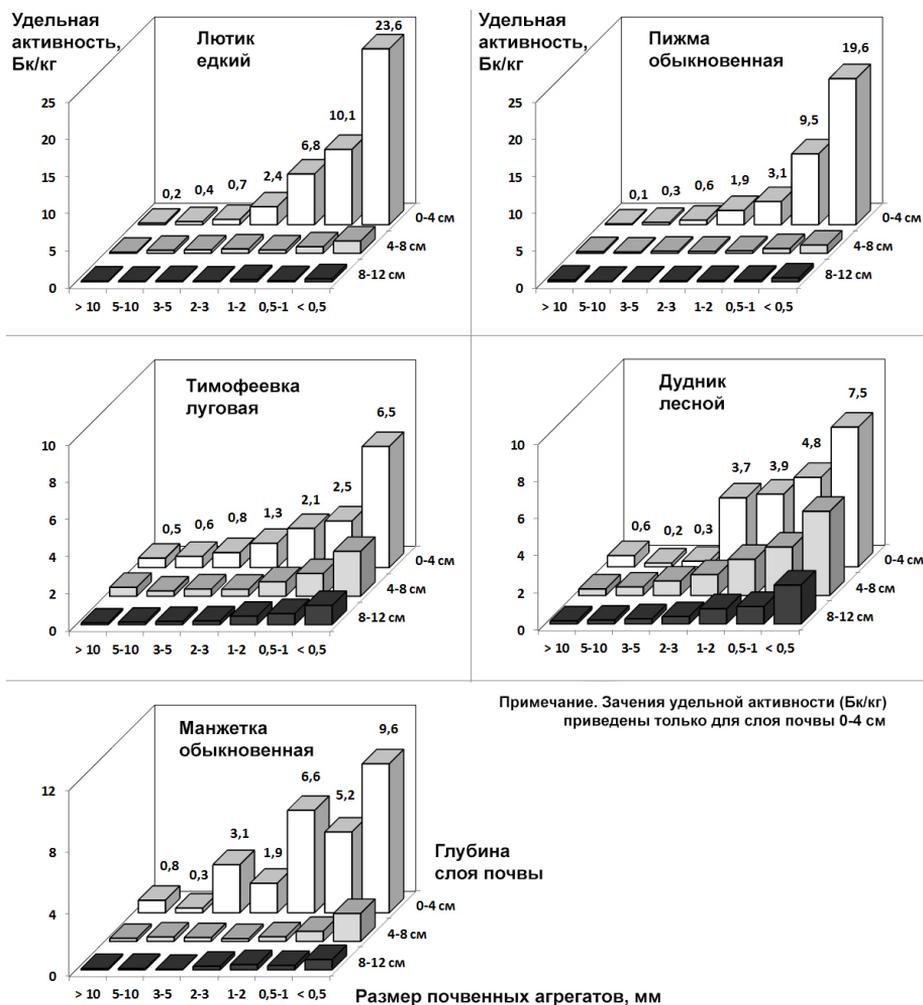


Рис. 1. Удельная активность  $^{137}\text{Cs}$  почвенных агрегатов разного размера (радионуклид мигрировал в почву из растений)

Следует отметить, что наибольшая активность радиоцезия отмечалась в самых верхних слоях профиля почвы. По мере увеличения глубины количество радионуклида снижалось, причем наиболее интенсивно – в вариантах с пижмой и лютиком, менее резко – под дудником и тимофеевкой. Наименьшие по размеру агрегаты (0,5 мм) концентрировали значительно больше  $^{137}\text{Cs}$  по сравнению с крупными (10 мм), причем такая закономерность наблюдалась на разных глубинах почвенного профиля.

Для оценки видовой способности каждого растения выделять в почву радиоцезий все его количества по фракциям и горизонтам были суммированы. Данные таких операций представлены в таблице 2 и на рисунке 2. Оказалось, что больше всего  $^{137}\text{Cs}$  (почти 7% от нанесенного на растение) поступило в почву из дудника лесного, а наименьшее (2,7%) – из пижмы обыкновенной.

Таблица 2

**Поступление  $^{137}\text{Cs}$  в почву и корни растений из различных луговых растений, % от активности, нанесенной на растение**

Глубина слоя, см	Лютик		Пижма		Манжетка		Тимофеевка		Дудник	
	почва	корни								
0–4	3,06± 0,21	0,16± 0,02	2,31± 0,03	0,12± 0,02	3,28± 0,41	2,49± 0,19	2,68± 0,31	1,49± 0,12	3,78± 0,33	2,62± 0,25
4–8	0,24± 0,03	0,01± 0,00	0,20± 0,01	0,02± 0,01	0,65± 0,07	0,04± 0,01	0,85± 0,09	0,29± 0,03	2,54± 0,35	0,31± 0,04
8–12	0,22± 0,03	0,01± 0,00	0,20± 0,01	0,01± 0,00	0,52± 0,07	0,07± 0,01	0,26± 0,03	0,03± 0,00	0,54± 0,07	0,10± 0,03
Всего	3,52	0,18	2,71	0,15	4,45	2,60	3,79	1,81	6,86	3,03
	3,70		2,86		7,05		5,60		9,89	

Дудник лесной отличается мощной стержневой корневой системой, которая могла доставить  $^{137}\text{Cs}$  в более глубокие слои почвы.

В корнях растений, находящихся в слое почвы 0–4 см, было обнаружено 0,12, 2,62%, в слое 4–8 см – 0,01, 0,31%, а в слое 8–12 см – лишь 0,01, 0,10% радиоактивного цезия от количества, нанесенного на растения. Минимальные значения содержания  $^{137}\text{Cs}$  в корнях лютика и пижмы объясняются, по-видимому, более интенсивным оттоком его из корней в почву.

Для оценки эффекта формирования на поверхности почвенных агрегатов градиентов концентраций  $^{137}\text{Cs}$  предлагается ввести показатель, называемый фактором аккумуляции (F), который вычисляется как отношение количества радиоцезия или удельной его активности в данной компоненте почвы (поверхностный слой агрегата, фракция агрегатов определенного размера, корневые остатки и пр.) к средневзвешенному содержанию или удельной активности той части почвы, из которой выделена данная компонента.

Фактор аккумуляции по отношению к средневзвешенному содержанию  $^{137}\text{Cs}$  наблюдается, когда величина F составляет более 1.

На рисунке 3 показано, что значения F, превышающие 1, соответствовали наименьшим – 1 мм и менее диаметром почвенным агрегатам, то есть микроагрегатам. Такой эффект накопления, когда  $F > 1$ , наблюдался независимо от глубины почвенного профиля. Для дудника лесного и частично для тимофеевки луговой эффект концентрирования проявлялся несколько шире – и для агрегатов диаметром 1–2 и 2–3 мм.

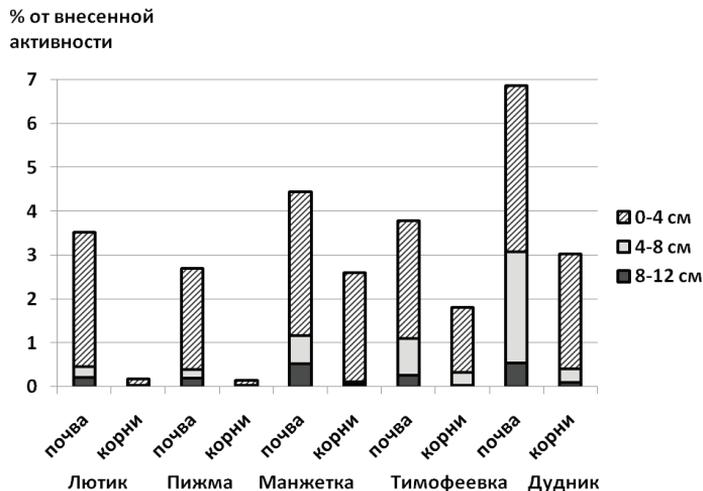


Рис. 2. Распределение  $^{137}\text{Cs}$  в почве на агрегатном уровне под различными растениями на разной глубине

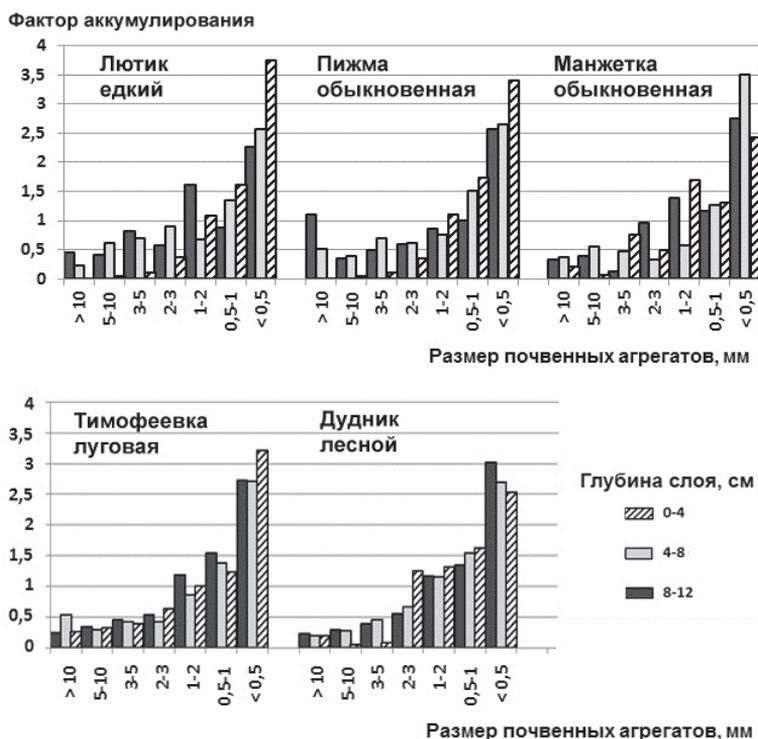


Рис. 3. Размеры факторов аккумуляции радиоцезия в зависимости от размеров почвенных агрегатов

## Выводы

Таким образом, установлена возможность поступления радиоцезия в почву из аэралью загрязненных растений. Массоперенос  $^{137}\text{Cs}$  из дикорастущих растений в почву составил 2,7–6,9% от нанесенного на листья количества. Наибольшие количества поллютанта поступали из корневых выделений дудника лесного. В большей

степени почва загрязнялась в самом верхнем (0–4 см) слое почвенного горизонта. С увеличением глубины размеры поступления радиоцезия в почву снижались.

Цезий, поступивший в почву, неравномерно распределялся по ее структурным компонентам. На агрегатном уровне  $^{137}\text{Cs}$  сорбировался преимущественно на поверхности почвенных агрегатов, не диффундируя во внутриведную массу.

### Библиографический список

1. Серегина И.И., Торшин С.П., Новиков Н.Н. и др. Агробиотехнологии XXI века: монография. – М.: Мегapolis, 2022. – 516 с.
2. Гусев Д.В., Торшин С.П., Гусева Ю.Е., Смолина Г.А. Оценка устойчивости почвенных агрегатов с использованием  $^{137}\text{Cs}$  // Радиоэкологические последствия радиационных аварий: к 35-й годовщине аварии на ЧАЭС: Сборник докладов Международной научно-практической конференции. – Обнинск, 2021. – С. 248–251.
3. Кловская Ю.М., Торшин С.П. Распределение  $^{137}\text{Cs}$  в почве на агрегатном и профильном уровнях при поступлении из луговых растений // Вестник Международной общественной академии экологической безопасности и природопользования. – 2014. – Вып. 18 (25). – С. 4–8.
4. Самбурова Л.И., Пельтцер А.С., Торшин С.П. Поступление  $^{137}\text{Cs}$  в почву из растений при листовом загрязнении и распределение его в почве на профильном и агрегатном уровнях // Проблемы охраны и экологического мониторинга природных ландшафтов и биоразнообразия: Сборник статей IV Всероссийской научно-практической конференции. – Пенза: МНИЦ, 2006. – С. 83–85.
5. Торшин С.П., Фокин А.Д. Поступление радиоцезия в почву из растений при аэральном их загрязнении // Доклады ТСХА. – 2012. – Вып. 284. – Ч. 1. – С. 190–192.
6. Фокин А.Д. Роль растений в перераспределении вещества по почвенному профилю // Почвоведение. – 1999. – № 1. – С. 125–133.
7. Фокин А.Д., Торшин С.П., Самбурова Л.И. Влияние почвенных агрегатов на состояние и поведение радионуклидов // Радиоэкология: современное состояние и перспективы: Материалы Международной конференции, г. Москва, 2008. – 2008. – С. 55–59.
8. Horn R. Die bedeutung der aggregierung fur die nahrungssorption in boden // Z. Pflanzenerenahr. Bodenk. – 1987. – Vol. 150. – Pp. 13–16.
9. Kayser A.T., Wilcke W., Kaupenjohann M., Joslin J.D. Small scale heterogeneity of soil chemical properties. I. A technique for rapid aggregate fractionation // Z. Pflanzenerenahr. Bodenk. – 1994. – Vol. 157. – Pp. 453–458. DOI: 10.1002/JPLN.19941570610.
10. Fokin A.D., Torshin S.P., Kaupenjohann M. The formation of initial gradients of  $^{137}\text{Cs}$  concentrations in soils at the aggregate level // Eurasian Soil Science. – 2003. – Vol. 36, № 8. – Pp. 826–832.

### INTAKE OF $^{137}\text{CS}$ FROM MEADOW PLANTS INTO SOIL UNDER AERAL POLLUTION AND FORMATION OF PRIMARY GRADIENTS OF THIS POLLUTANT CONCENTRATIONS IN SOIL AT THE AGGREGATE LEVEL

S.P. TORSHIN, G.A. SMOLINA, YU.E. GUSEVA

(Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy)

*In model experiments under field conditions in the Aleksandrovsky district of the Vladimir region, the intake of  $^{137}\text{Cs}$  from various meadow plants into soddy-podzolic heavy loamy soil was studied. The radionuclide in the form of an aqueous solution of cesium nitrate was applied*

to the leaf surface of the middle tier; which prevented  $^{137}\text{Cs}$  from entering the soil. Representatives of different families were used as experimental plants: common cuff (*Alchemilla vulgaris* L.), rosaceae family; forest angelica (*Angelica sylvestris* L.), celery family; caustic buttercup (*Ranunculus acer* L.), ranunculaceae family; common tansy (*Tanacetum vulgare* L.), aster family and meadow timothy (*Phleum pratense* L.), bluegrass family. The experimental results showed that 2.7 to 6.9% of the applied radiocesium can enter the soil through root secretions, and the largest amount of the pollutant was found in the soil of varieties with forest angelica, the smallest – with common tansy.  $^{137}\text{Cs}$  entering the soil accumulated mainly in the uppermost 0 to 4 cm horizon; in the underlying layers of 4 to 12 cm radiocesium was found 1.2 to 6.7 times less. At the aggregate level,  $^{137}\text{Cs}$  concentrated mainly on the surface of the smallest soil particles, which were <0.5 and 0.5 to 1 mm in size.

**Keywords:** radiocesium, meadow plants, soddy-podzolic soil, soil aggregates, root secretions.

## References

1. Seregina I.I., Torshin S.P., Novikov N.N. et al. *Agrobiotechnologies of the XXI century*. Moscow, Russia: OOO “Megapolis”, 2022:516. (In Russ.)
2. Gusev D.V., Torshin S.P., Guseva Yu.E., Smolina G.A. Assessing the stability of soil aggregates using  $^{137}\text{Cs}$ . *Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya “Radioekologicheskie posledstviya radiatsionnykh avariy: k 35-oy godovshchine avarii na ChAES”, Obninsk, April 22–23, 2021*. Obninsk, Russia: Russian Institute of Radiology and Agroecology of National Research Centre “Kurchatov Institute”, 2021:248–251. (In Russ.)
3. Klovskaya Yu.M., Torshin S.P. Distribution of  $^{137}\text{Cs}$  in soil at aggregate and profile levels when coming from meadow plants. *Vestnik mezhdunarodnoy i obshchestvennoy akademii ekologicheskoy bezopasnosti i prirodopol'zovaniya*. 2014;18(25):4–8. (In Russ.)
4. Samburova L.I., Peltzer A.S., Torshin S.P. The entry of  $^{137}\text{Cs}$  into the soil from plants during leaf contamination and its distribution in the soil at the profile and aggregate levels. *IV Vserossiyskaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya “Problemy okhrany i ekologicheskogo monitoringa prirodnykh landshaftov i bioraznoobraziya”*. Penza: MNITs, 2006:83–85. (In Russ.)
5. Torshin S.P., Fokin A.D. The entry of radiocesium into the soil from plants during aerial contamination. *Konferentsiya “Problemy razvitiya APK i sel'skikh territoriy v XXI veke”, Moscow, January 01 – December 31, 2012*. In: *Doklady TSKhA*. Moscow, Russia: Russian State Agrarian University-Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, 2012;284(1):190–192. (In Russ.)
6. Fokin A.D. Role of plants in the redistribution of matter along the soil profile. *Pochvedenie*. 1999;1:125–133. (In Russ.)
7. Fokin A.D., Torshin S.P., Samburova L.I. Effect of soil aggregates on the state and behavior of radionuclides. *Mezhdunarodnaya Konferentsiya “Radioekologiya: sovremennoye sostoyaniye i perspektivy”*. Moscow, Russia, 2008:55–59. (In Russ.)
8. Horn R. Die bedeutung der aggregierung fur die nahrstoffsorption in boden. *Z. Pflanzenerenahr. Bodenk*. 1987;150:13–16. (In Germ.)
9. Kayser A.T., Wilcke W., Kaupenjohann M., Joslin J.D. Small scale heterogeneity of soil chemical properties. I. A technique for rapid aggregate fractionation. *Z. Pflanzenerenahr. Bodenk*. 1994;157:453–458. <https://doi.org/10.1002/JPLN.19941570610>
10. Fokin A.D., Torshin S.P., Kaupenjohann M. The formation of initial gradients of  $^{137}\text{Cs}$  concentrations in soils at the aggregate level. *Eurasian Soil Science*. 2003;36(8):826–832.

## Сведения об авторах

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

**Смолина Галина Алексеевна**, канд. биол. наук, доцент кафедры агрономической, биологической химии и радиологии РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел.: (499) 976-40-24; e-mail: gsmolina@rgau-msha.ru

**Гусева Юлия Евгеньевна**, канд. биол. наук, доцент кафедры агрономической, биологической химии и радиологии РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел.: (499) 976-40-24; e-mail: uguseva@rgau-msha.ru

## Information about the authors

**Sergey P. Torshin**, DSc (Bio), Professor at the Department of Agrochemistry, Biochemistry and Radiology, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation; phone: (499) 976-40-24; e-mail: sptorshin@rambler.ru)

**Galina A. Smolina**, CSc (Bio), Associate Professor at the Department of Agrochemistry, Biochemistry and Radiology, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation; phone: (499) 976-40-24; e-mail: gsmolina@rgau-msha.ru)

**Yulia E. Guseva**, CSc (Bio), Associate Professor at the Department of Agrochemistry, Biochemistry and Radiology, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation; phone: (499) 976-40-24; e-mail: uguseva@rgau-msha.ru)

АДАПТАЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ  
НЕКОТОРЫХ ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ *EX VITRO*  
К ПОЧВЕННО-КЛИМАТИЧЕСКИМ УСЛОВИЯМ ВОЛОГОДСКОЙ ОБЛАСТИЛ.В. ЗАРУБИНА<sup>1</sup>, В.В. СУРОВ<sup>1</sup>, Е.И. КУЛИКОВА<sup>1</sup>,  
А.И. ЧУДЕЦКИЙ<sup>2</sup>, А.Н. КУЛЬЧИЦКИЙ<sup>3</sup>, Д.М. БОРОДУЛИН<sup>2</sup><sup>1</sup>Вологодская государственная молочнохозяйственная академия имени Н.В. Верещагина;<sup>2</sup>Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева;<sup>3</sup>Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова)

Приведены результаты исследований по изучению фенологических и морфологических особенностей лекарственных растений, полученных методом микроклонального размножения и адаптированных *ex vitro*, после пересадки в условия открытого грунта в Вологодском районе Вологодской области. В настоящее время в условиях импортозамещения для получения отечественного фармацевтического сырья необходимо промышленное выращивание востребованных лекарственных культур. В качестве объекта исследований изучали растения копеечника забытого (*Hedysarum neglectum* Ledeb.), зверобоя продырявленного (*Hypericum perforatum* L.), полыни эстрагонной (*Artemisia dracunculus* L.) сортов 'Гудвин' и 'Монарх'. Зимостойкость 2-летних саженцев изучаемых лекарственных культур, полученных методом *in vitro*, после перезимовки в 1-й декаде мая составляла 85–90%. Растения *H. neglectum* на 2-й год жизни имели высоту в среднем 55,0 см, формировали вегетативную массу, имели высокую облиственность (в среднем 12,6 шт/побег) и цветочные кисти (в среднем 17,5 шт/побег). Растения *H. neglectum* образовывали в среднем 1,7 шт. генеративных побегов, *H. perforatum* – 5 шт., *A. dracunculus* – 9,9–11,3 шт. Длина сырьевой части одного побега составляла в среднем: у *H. neglectum* – 23,2 см; у *H. perforatum* – 16,6 см; *A. dracunculus* – 32,3–47,0 см. Сырая масса сырьевой части одного побега культивируемых лекарственных растений 2-го года жизни составляла: у *H. neglectum* в среднем 12,9 г, у *H. perforatum* – 16,7 г, у *A. dracunculus* – 14,7–17,8 г; воздушно-сухая масса сырьевой части растений составляла 17–25% от сырой массы.

**Ключевые слова:** лекарственные растения, *Hedysarum neglectum*, *Hypericum perforatum*, *Artemisia dracunculus*, посадочный материал, открытый грунт, фенологические признаки, морфологические признаки.

### Введение

В настоящее время отмечается, что производство лекарственного растительного сырья значительно отстает в своем развитии от потребностей фармацевтической промышленности и других социально ориентированных отраслей хозяйства России. Практически все регионы страны включая северо-запад имеют большой природный потенциал для культивирования лекарственных растений, в связи с чем проблемы импортозамещения в этой сфере могут легко решаться при заинтересованности местных органов власти и сельхозтоваропроизводителей [16, 23, 24]. При этом

существующая потребность в сырье лекарственных трав также не обеспечивается имеющимися плантационными насаждениями. Кроме того, важно расширять ассортимент культивируемых нетрадиционных лекарственных растений. В последнее время большую популярность приобретают такие растения, как копеечник забытый, зверобой продырявленный, эстрагон.

Копеечник забытый (*Hedysarum neglectum* Ledeb.) – многолетнее травянистое растение с утолщенным корнем, уходящим глубоко в землю. Копеечник забытый содержит до 18% дубильных веществ, флавоноиды (кверцетин, гиперозид, полистахоzид, рамнопиранозид, алкалоиды (включая цитизин), пектиновые вещества, каротин, витамин С. В надземной части (в цветках, листьях и молодых стеблях) содержится 16 свободных аминокислот, из них 7 – незаменимых, в том числе 2 амида – аспарагин и глутамин. При этом в листьях культивируемого растения содержится больше ксантонов (до 3,8%), тогда как в надземной части дикорастущих растений их гораздо меньше, при этом в последних больше флавонолов (до 8,5%). Корни растения содержат алкалоиды, кумарины, тритерпеновые сапонины и флавоноиды.

Лечебные свойства *H. neglectum* обусловлены его уникальным составом: содержащиеся флавоноиды (в частности, катехины) выводят из организма вредные вещества и тяжелые металлы, укрепляют и восстанавливают стенки капилляров, нейтрализуют свободные радикалы, регулируют деятельность гладкой мускулатуры внутренних органов и кровеносных сосудов, способствуют улучшению микроциркуляции и устранению спазмов. Растение оказывает мочегонное, противоотечное, противовоспалительное, сосудорасширяющее, анальгезирующее и бактерицидное действие; может выступать в качестве отхаркивающего и тонизирующего средства, стимулировать кроветворение [5, 20, 22, 26, 27]. *H. neglectum* входит в состав некоторых биологически активных добавок (капли «Красный корень», таблетки «Копеечник-М», фитосборы «Бережник», «Фитопан М» и др.). Огромная популярность копеечника может стать причиной полного уничтожения его в природе.

Зверобой продырявленный, или обыкновенный (*Hypericum perforatum* L.), – одно из наиболее распространенных лекарственных растений, применяемое также в пищевой промышленности. Из травы *H. perforatum* выделены флавоноиды (гиперозид, рутин, кверцитрин, изокверцитрин, кверцетин), флуоресцирующие красящие вещества (гиперицин, псевдогиперицин, производные диантрона и др.). В ней найдены также дубильные вещества, каротин, эфирное масло (в состав которого входят апинен, azulен), смолы, аскорбиновая, никотиновая кислоты, витамины С, РР. Зверобой обладает мочегонными, противовоспалительными, ранозаживляющими, фотосенсибилизирующими и антимикробными свойствами.

Препараты из *H. perforatum* рекомендуют при заболеваниях желудочно-кишечного тракта (поносы, гастроэнтериты, язвенная болезнь желудка и двенадцатиперстной кишки), заболеваниях печени и желчного пузыря, почек, при снижении тонуса сердечно-сосудистой системы, используют как кровоостанавливающее средство при маточных кровотечениях, кровоточивости десен. Полифенолы зверобоя оказывают выраженное антимикробное действие на многие микроорганизмы. В народной медицине измельченной травой, настоянной на растительном масле и смешанной со скипидаром, натирают суставы, пораженные ревматизмом и подагрой. Настой из зверобоя является эффективным средством, снижающим количество сахара в крови [8, 9, 21, 22, 25]. Трава *H. perforatum* внесена в фармакопеи России, Чехии, Польши, Франции, Болгарии, Китая и других стран.

Полынь эстрагонная, или эстрагон, или тархун (*Artemisia dracuncululus* L.), – многолетнее ветвистое травянистое растение высотой 40–150 см, с нетолстым, деревянистым корневищем. В листьях эстрагона содержится: до 0,75% эфирного масла (состоящего

из сабинена, мирцена, сесквитерпеновой фракции, р-метоксикоричного альдегида, метилхавикола, эстрагола, оцимена, линалаустата, фелландрена); до 190 мг% аскорбиновой кислоты; флавоноиды (до 170 мг% рутина); кумарины; дубильные вещества; смолы. Трава эстрагона применяется против цинги, как противоглистное, при отеках, водянке, при уходе за кожей, способствует хорошему сну. Эстрагон усиливает образование желудочного сока, способствует улучшению аппетита, нормализации функции желез внутренней секреции (в частности, половых), способствует нормализации кислотности желудочного сока при гастритах с пониженной кислотностью [10, 18, 19]. *A. dracuncululus* является одним из перспективных эфиромасличных, лекарственных и пряноароматических растений, с которыми проводятся селекционные исследования с целью создания сортов различного направления. Распространение вида в природе ограничено низкой завязываемостью семян, их невысокой всхожестью, а при вегетативном размножении – невысоким коэффициентом размножения [3, 19].

Для повышения рентабельности плантационного выращивания лекарственных растений необходимо увеличение производства посадочного материала на базе высокопродуктивных, поддающихся механизации, хорошо адаптированных сортов и селекционных форм с использованием оптимальных технологий. В связи с высокой потребностью в растительном сырье лекарственных видов широко изучаются возможности их выращивания, в том числе в культуре *in vitro* [8, 12, 14, 17]. Сохранение биоразнообразия растений, создание коллекций *in vitro* – одно из перспективных направлений биотехнологии. В частности, широко применяемый метод клонального микроразмножения позволяет в самые кратчайшие сроки получить большое количество растений при недостатке исходного материала [2]. Введение лекарственных растений в культуру *in vitro*, дальнейшее их размножение и высадка в экологически благоприятных местах смогут помочь сохранению ценных видов растений, накоплению только полезных веществ в самом растении и возможности выращивания собственной лекарственной продукции на территории страны [4, 6].

Использование технологии микрклонального размножения копеечника, зверобоя и эстрагона является одной из хороших возможностей промышленного культивирования этих видов. Вместе с тем необходимо дополнительное изучение особенностей роста и развития посадочного материала лекарственных растений, полученного методом культуры клеток и тканей, в открытом грунте, в том числе в условиях Северо-Западного региона Европейской части России.

**Цель исследований:** изучение фенологических и морфологических особенностей лекарственных растений (копеечник забытый, зверобой продырявленный, полынь эстрагонная), полученных методом микрклонального размножения, при выращивании в открытом грунте в условиях Вологодской области.

### Материал и методы исследований

Исследования проводили на базе ФГБОУ ВО «Вологодская ГМХА имени Н.В. Верещагина» в 2022–2023 гг. В качестве объекта исследований изучали лекарственные растения 2-летнего возраста, выращенные предварительно в условиях *in vitro* и адаптированные к условиям *ex vitro*: копеечник забытый (*Hedysarum neglectum* Ledeb.) формы Сибирская, зверобой продырявленный (*Hypericum perforatum* L.) формы из Европейской части России, полынь эстрагонная (*Artemisia dracuncululus* L.) сортов ‘Гудвин’ и ‘Монарх’.

Адаптированный посадочный материал был высажен в открытый грунт (*in vivo*) на опытном участке в условиях Вологодского района Вологодской области (рис. 1). Гряды на опытном участке были подготовлены в 2022 г. Субстрат

готовили из дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы хорошей окультуренности, торфа низинного типа и речного песка в соотношении 3:1:1 с уровнем рН, близким к нейтральному (6,5...7,0). Схема посадки: для *H. neglectum* и *A. dracunculus* – 0,3×0,6 м; для *H. perforatum* – 0,5×0,5 м.

Для Вологодского района и в целом для Вологодской области характерен умеренно-континентальный климат с умеренно теплым летом и относительно холодной зимой. Среднегодовая температура составляет +2,4...+2,8°C при средней температуре самого холодного месяца –11°C, а самого теплого – +17°C. Продолжительность залегания снежного покрова составляет 165–170 дней. Среднегодовое количество осадков – 520–600 мм, во время вегетации выпадает до 300 мм [1, 11, 15]. Осенний период 2022 г. в Вологодском районе по показателям температуры воздуха и количества осадков был близким к среднемноголетним значениям, метеорологические условия были благоприятными для подготовки саженцев к зиме. Преобладающие почвы на территории Вологодского района – дерново-подзолистые среднесуглинистые, на породах различного состава, имеют кислую реакцию по всему профилю [1].

Полевую оценку зимостойкости изучаемых культур производили путем подсчета погибших и живых экземпляров на каждой площадке через 20 дней после начала вегетации [16]. Фенологические наблюдения за растениями проводили по общепринятой методике [13]. У изучаемых культур отмечали: начало и массовое проявление фенофаз вегетации и бутонизации; начало, массовое проявление и окончание цветения, созревания семян; начало осеннего окрашивания листьев, начало отмирания наземных частей растений; дату начала периода зимнего покоя.



**Рис. 1.** Лекарственные растения 2-го года жизни, полученные методом *in vitro*, на опытном участке Вологодской ГМХА имени Н.В. Верещагина: а – *H. neglectum* (2-я декада июля); б – *H. perforatum* (3-я декада июля); *A. dracunculus* ‘Гудвин’ (1-я декада мая)

Для анализа морфометрических показателей брали по 10 растений каждого изучаемого вида. Сырьевую фитомассу лекарственных культур для высушивания отбирали также с 10 растений каждого вида. При заготовке сырья многолетних лекарственных растений в целях сохранения на участках сбора оставляли 30–50% неповрежденных растений или часть подземных органов. Морфометрические показатели изучаемых лекарственных растений замеряли перед заготовкой сырьевой фитомассы в фазу цветения.

Статистическую обработку экспериментальных данных производили по общепринятым методикам [7] с помощью программных средств Microsoft Office Excel 2019.

### Результаты и их обсуждение

Зима 2022–2023 гг. была достаточно многоснежной и благоприятной для растений. Зимостойкость исследуемых лекарственных растений на опытных участках после перезимовки в 1-й декаде мая была достаточно высокой и составляла от 85% перезимовавших и тронувшихся в рост растений *A. Dracunculus*, до 90% растений *H. neglectum* и *H. perforatum*.

Результаты наблюдений за фенологическими изменениями (даты проявления фаз развития) изучаемых культур приведены в таблице 1.

Таблица 1

#### Даты наступления фенологических фаз развития лекарственных растений 2-го года жизни в природно-климатических условиях Вологодской области

Фенологическая фаза	Наименование культуры			
	<i>H. neglectum</i>	<i>H. perforatum</i>	<i>A. dracunculus</i>	
			'Гудвин'	'Монарх'
Начало вегетации	08.05	06.05	20.04	23.04
Массовая вегетация	14.05	17.05	30.04	03.05
Начало бутонизации	05.06	13.06	18.05	15.05
Массовая бутонизация	16.06	24.06	03.06	03.06
Начало цветения	19.06	03.07	17.07	13.07
Массовое цветение	04.07	29.07	20.07	15.07
Окончание цветения	27.07	08.09	02.08	30.07
Начало созревания семян	03.08	30.07	02.09	27.08
Массовое созревание семян	10.08	15.09	15.09	10.09
Окончание созревания семян	28.08	26.09	01.10	27.09
Окончание вегетации	01.10	30.09	12.10	12.10
Зимний покой	12.10	09.10	30.10	30.10

Плодоношение (массовое созревание семян) на 2-й год жизни растений в открытом грунте после перезимовки отмечали: у *H. neglectum* – в середине августа, *H. perforatum* – в 3-й декаде сентября и *A. dracunculus* (в конце сентября – начале октября). Отмечено, что в 2023 г. растения *H. neglectum*, полученные методом *in vitro*, успешно проходили все фенологические фазы. На растениях 2-го года вегетации сформировались прямостоячие облиственные побеги, которые заканчивались густыми многоцветковыми кистями; соцветия образовались также на побегах I и II порядков. Массовое плодоношение наступило 10 августа. В первых числах июля отмечали начало цветения *H. perforatum*. Бледно-желтые цветки эстрагона сортов ‘Гудвин’ и ‘Монарх’, собранные в метельчатое соцветие, начали распускаться в середине июля.

Морфометрические показатели изучаемых лекарственных культур на 2-й год жизни приведены в таблице 2.

Поскольку корень *H. neglectum* готов для использования в качестве лекарственного сырья в возрасте растения 4–5 лет [22], то данный показатель в 2023 г. мы не учитывали. Анализируя полученные результаты, выявили, что высота растений *H. neglectum* 2-го года жизни в среднем составила 55,0 см, при этом самое высокое растение достигло максимальной отметки 68,4 см, самое низкое – 40,0 см. На высоту растений могли оказывать влияние такие факторы, как освещение и обеспеченность влагой. Растения, расположенные по краю участка, отличались большей высотой, чем расположенные в середине, что сказалось на высоте отдельных экземпляров.

Таблица 2

**Морфометрические показатели культур лекарственных растений  
2-го года жизни в природно-климатических условиях Вологодской области**

Показатель	Наименование культуры			
	<i>H. neglectum</i>	<i>H. perforatum</i>	<i>A. dracunculus</i>	
			‘Гудвин’	‘Монарх’
Высота растений, см	55,0±5,32	42,0±4,04	44,3±4,30	61,0±5,96
Число генеративных побегов, шт/растение	1,7±0,21	5,0±0,52	9,9±0,86	11,3±1,02
Длина сырьевой части 1 побега, см	23,2±2,04	16,6±1,54	32,3±2,98	47,0±3,87
Число листьев, шт/побег	12,6±1,14	-	-	-
Число парных боковых осей, шт/побег	-	6,2±0,59	-	-
Длина боковых осей, см	-	8,6±0,82	-	-
Число цветочных кистей, шт/побег	17,5±1,68	-	-	-
Число цветков, шт/побег	-	185,5±10,22	64,2±6,12	90,0±8,85
Масса сырьевой части 1 побега (с листьями и цветками), г				
сырая	12,9±1,09	16,7±1,54	14,7±1,40	17,8±1,68
воздушно-сухая	2,2±0,20	3,0±0,29	3,6±0,34	4,5±0,41

На 2-й год жизни растения *H. neglectum* формировали незначительное число генеративных побегов: в среднем 1,7 шт. на одном растении, что типично для текущего периода развития. Длина сырьевой части побега варьировала от 16,5 до 28,9 см. На более высоких растениях побеги также были более сильные и рослые, на низких растениях побеги имели более короткую сырьевую часть. Побеги *H. neglectum* имели хорошую облиственность: 12,6 шт. листьев на побеге, при этом максимально – 17 шт., минимально – 10 шт., что типично для растений 2-го года жизни. В среднем на одном побеге формировалось по 17,5 шт. цветочных кистей, состоящих из отдельных цветочков. Сырая масса сырьевой части одного побега *H. neglectum* с листьями и цветками составила в среднем 12,9 г, воздушно-сухая – 17% от сырой.

Высота растений *H. perforatum* на 2-й год жизни в фазе массового цветения составила в среднем 42,0 см, при этом самое высокое растение достигло 47,6 см, самое низкое – 36,8 см. На одном растении число генеративных побегов составило в среднем 5 шт. (при варьировании от 3 до 8 шт.). Длина сырьевой части одного побега в среднем составила 16,6 см, при этом показатель варьировал от 11,7 до 21,4 см. Численность пар боковых осей на изучаемых растениях *H. perforatum* варьировала от 4 до 9 шт., что в среднем составило 6,2 шт. По показателю длины боковых осей (в среднем 8,6 см) особые различия отмечены не были. На 2-й год жизни растения *H. perforatum* зацвели, при этом в период массового цветения на одном побеге отмечалось от 134 до 232 шт. цветков, что в среднем составило 185,5 шт. цветков на один побег. Сырая масса сырьевой части одного побега с листьями и цветками составила в среднем 16,7 г, воздушно-сухая составила 17,9% от сырой.

Высота растений *A. dracunculus* 2-го года жизни варьировала в пределах: у сорта ‘Гудвин’ – 36,1...51,0 см (в среднем 44,3 см), у сорта ‘Монарх’ – 54,3...71,2 см (в среднем 61,0 см). По данному показателю разница между сортами составила 16,7 см. По числу генеративных побегов на растении различия минимальны: у сорта ‘Гудвин’ показатель составил 9,9 шт. на одном растении, у сорта ‘Монарх’ – 11,3 шт. По показателю длины сырьевой части одного побега выделился сорт ‘Монарх’, длина которой составила в среднем 47 см, что в 1,46 раза превышало длину генеративных побегов растений сорта ‘Гудвин’. По числу цветков на побеге выделился также сорт *A. dracunculus* ‘Монарх’: в среднем 90 шт., тогда как у сорта ‘Гудвин’ число цветков в среднем на побеге было меньше в 1,4 раза. Семена в условиях северо-запада не вызревают. Растения *A. dracunculus* сорта ‘Монарх’ – более крупные в сравнении с сортом ‘Гудвин’. Масса сырьевой части одного побега с листьями и цветками в сыром виде у сорта ‘Гудвин’ составила 14,7 г, в сухом состоянии – 24% от сырой, тогда как у сорта ‘Монарх’ в сыром состоянии – 17,8 г, в сухом – 25% от сырой.

## Выводы

Таким образом, зимостойкость саженцев лекарственных растений (копеечника забытого, зверобой продырявленного, полыни эстрагонной), полученных методом микроклонального размножения, на 2-й год жизни в почвенно-климатических условиях Вологодской области была достаточно высокой (до 90%). При этом 2-летние растения *H. neglectum* формы Сибирская формировали вегетативную массу, имели высокую облиственность и наличие цветочных кистей; растения *H. perforatum* формы из Европейской части России образовывали генеративные побеги и цветки; растения *A. dracunculus* сортов ‘Гудвин’ и ‘Монарх’ наращивали вегетативную массу и образовывали генеративные побеги.

В целом можно сделать вывод о высокой адаптационной способности изучаемых растений 2-го года жизни к почвенно-климатическим условиям Вологодской

области. Достаточно высокие морфометрические показатели исследуемых лекарственных культур свидетельствуют о перспективах выращивания адаптированного посадочного материала в промышленных садоводческих хозяйствах в целях обеспечения лекарственным сырьем российских производителей фармакологической отрасли. Для оценки устойчивости культур к болезням и вредителям в условиях данного региона необходимы дальнейшие наблюдения.

### Библиографический список

1. Агроклиматические ресурсы Вологодской области: Справочник / Северное управление гидрометеорологической службы. – Л.: Гидрометеиздат, 1972. – 185 с.
2. Бутенко Р.Г. Биология клеток высших растений *in vitro* и биотехнологии на их основе: Учебное пособие. – М.: ФБК-Пресс, 1999. – 160 с.
3. Бухарин П.Д., Воронина Е.П., Дмитриев Л.Б. Некоторые итоги интродукции эстрагона в Главном ботаническом саду АН СССР // Бюллетень Главного ботанического сада. – М.: Наука, 1989. – Вып. 153. – С. 3–9.
4. Богданова К.О., Николаева В.Н., Сейткумарова А.А. и др. Введение лекарственных растений в культуру *in vitro* // Аграрная наука – сельскому хозяйству: Материалы XVI Международной научно-практической конференции. – Барнаул: Алтайский ГАУ, 2021. – Кн. 1. – С. 245–247.
5. Георгиевский В.П., Комиссаренко И.Ф., Дмитрук С.Е. Биологически активные вещества лекарственных растений: монография. – Новосибирск: Наука, 1990. – 333 с.
6. Доан Т.Т. Особенности клонального микроразмножения редких и лекарственных растений (*Euonymus pana Vieb.*, *Dioscorea nipponica Makino.*, *Dioscorea caucasia Lipsky.* и *Aristolochia manshuriensis Kom.*): Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – М., 2013. – 24 с.
7. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): Учебник. – Изд. 6-е. – М.: Альянс, 2011. – 350 с.
8. Эчишвили Э.Э., Портнягина Н.В., Пунегов В.В., Зайнуллина К.С. Зверобой продырявленный (*Hypericum perforatum L.*) в культуре на европейском Северо-Востоке: Монография. – Сыктывкар: Коми НЦ УрО РАН, 2014. – 120 с.
9. Губанов И.А., Киселева К.В., Новиков В.С., Тихомиров В.Н. Иллюстрированный определитель растений Средней России: В 3 т. Т. 2. Покрытосеменные (двудольные: раздельнолепестные). – М.: Товарищество научных изданий КМК; Институт технологических исследований, 2003. – 665 с.
10. Губанов И.А., Киселева К.В., Новиков В.С., Тихомиров В.Н. Иллюстрированный определитель растений Средней России: В 3 т. Т. 3. Покрытосеменные (двудольные: спайнолепестные). – М.: Товарищество научных изданий КМК; Институт технологических исследований, 2004. – 519 с.
11. Кобышева Н.В., Акентьева Е.М., Богданова Э.Г. и др. Климат России: Монография / Под ред. Н.В. Кобышевой. – СПб.: Гидрометеиздат, 2001. – 654 с.
12. Конурбаева Р.У., Алдаярбек Г.К., Умралина А.Р. Введение в культуру и сохранение в коллекции *in vitro* копеечников Кыргызстана // Известия вузов Кыргызстана. – 2015. – № 2. – С. 126–131.
13. Владимиров Д.Р., Гладилин А.А., Гнеденко А.Е. и др. Методика ведения фенологических наблюдений. – М.: Альпина Про, 2023. – 208 с.
14. Михович Ж.Э., Эчишвили Э.Э., Портнягина Н.В., Скроцкая О.В. Особенности размножения *Hypericum perforatum L.* в культуре *in vitro* и развитие растений в открытом грунте // Самарский научный вестник. – 2021. – Т. 10, № 4. – С. 79–86. DOI: 10.17816/snv2021104112.

15. Обзор агрометеорологических условий роста и развития сельскохозяйственных культур в Вологодской области. – Вологда: Вологодский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, 2021. – 15 с.
16. Мишууров В.П., Портнягина Н.В., Зайнуллина К.С. и др. Опыт интродукции лекарственных растений в среднетаежной подзоне Республики Коми: монография. – Екатеринбург: УрО РАН, 2003. – 243 с.
17. Макаров С.С., Макарова Т.А., Самойленко З.А. и др. Особенности размножения эстрагона (*Artemisia dracunculus* L.) в культуре *in vitro* и *ex vitro* // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2023. – № 3 (101). – С. 77–83. DOI: 10.37670/2073-0853-2023-101-3-77-83.
18. Павлов Н.В. Растительное сырье Казахстана / Под ред. В.Л. Комарова. – М. – Л.: АН СССР, 1947. – 550 с.
19. Полуденный Л.В., Журавлев Ю.П. Заготовка, выращивание и переработка лекарственных растений: Учебное пособие. – М.: Изд-во МСХА, 2000. – 179 с.
20. Блинова К.Ф., Вандышев В.В., Комарова М.Н. и др. Растения для нас: Справочное издание. – СПб.: Учебная книга, 1996. – 654 с.
21. Решетняк В.В., Цигура И.В. Травник. – Харьков: Прапор, 1993. – 463 с.
22. Семенихин И.Д., Семенихин В.И. Энциклопедия лекарственных растений, возделываемых в России. – М.: Щербинская типография, 2013. – Т. 1. – 240 с.
23. Слепокуров А.С. Коллекции и питомники эфиромасличных и лекарственных растений // Научный и инновационный потенциал развития производства и переработки эфиромасличных и лекарственных растений евразийского экономического союза. – Симферополь: Ариал, 2021. – С. 192–202.
24. Терехин А.А., Вандышев В.В. Технология возделывания лекарственных растений: Учебное пособие. – М.: РУДН, 2008. – 201 с.
25. Универсальная энциклопедия лекарственных растений / Сост. И.Н. Путырский, В.Н. Прохоров. – Минск: Книжный дом; М.: Machaon, 2000. – 654 с.
26. Яковлев Г.П., Алексеева Г.М., Белодубровская Г.А., Блинова К.Ф. Фармакогнозия. Лекарственное сырье растительного и животного происхождения: учеб. пособие / Под ред. Г.П. Яковлева. – СПб.: СпецЛит, 2013. – 847 с.
27. Флора Центральной Сибири / Под ред. Л.И. Малышева, Г.А. Пешковой. – Новосибирск: Наука, 1994. – Т. 2. – 506 с.

## ADAPTABILITY OF SOME *EX VITRO*-ADAPTED MEDICINAL PLANTS TO THE SOIL AND CLIMATIC CONDITIONS OF THE VOLOGDA REGION

L.V. ZARUBINA<sup>1</sup>, V.V. SUROV<sup>1</sup>, E.I. KULIKOVA<sup>1</sup>,  
A.I. CHUDETSKY<sup>2</sup>, A.N. KULCHITSKY<sup>3</sup>, D.M. BORODULIN<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Vologda State Dairy Farming Academy by N.V. Vereshchagin;

<sup>2</sup>Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy;

<sup>3</sup>Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov)

*The article presents the results of the study of phenological and morphological characteristics of medicinal plants obtained by clonal micropropagation and adapted ex vitro after transplanting to the open ground in the Vologda district of the Vologda region. At present, in the conditions of import substitution for obtaining domestic pharmaceutical raw materials, it is necessary to grow medicinal plants in demand industrially. Plants of the *Hedysarum neglectum* Ledeb., *Hypericum perforatum* L., *Artemisia dracunculus* L. (cultivars 'Goodwin', 'Monarch') were studied as research objects. The winter hardiness of 2-year-old seedlings of the studied medicinal plants obtained by the *in vitro**

method after overwintering is 85 to 90% in the first decade of May. Two-year-old plants of *H. neglectum* had an average height of 55.0 cm, formed a vegetative mass, had high foliage (an average of 12.6 pcs./shoot) and flower racemes (on average 17.5 pcs./shoot). The plants formed generative shoots: *H. neglectum* – on average 1.7 pcs., *H. perforatum* – 5 pcs., *A. dracuncul* – 9.9 to 11.3 pcs. The average length of the raw part of one shoot was 23.2 cm in *H. neglectum*, 16.6 cm in *H. perforatum*, and 32.3 to 47.0 cm in *A. dracuncul*. The wet weight of the raw part of a shoot of two-year-old cultivated medicinal plants was: *H. neglectum* – 12.9 g on average, *H. perforatum* – 16.7 g, *A. dracuncul* – 14.7 to 17.8 g; the air-dry weight of the raw part of the plants was 17 to 25% of the wet weight.

**Keywords:** medicinal plants, *Hedysarum neglectum*, *Hypericum perforatum*, *Artemisia dracuncul*, planting material, open ground, phenological characteristics, morphological characteristics.

## References

1. *Agroclimatic resources of the Vologda region*. Leningrad, USSR: Gidrometeoizdat, 1972:185. (In Russ.)
2. Butenko R.G. Biology of cells of higher plants in vitro and biotechnologies based on them. Moscow, Russia: FBK-Press, 1999:160. (In Russ.)
3. Bukharin P.D., Voronina E.P., Dmitriev L.B. Some results of the introduction of Tarragon in the Main Botanical Garden of the USSR Academy of Sciences. *Byulleten' Glavnogo botanicheskogo sada*. 1989;153:3–9. (In Russ.)
4. Bogdanova K.O., Nikolaeva V.N., Seytkumarova A.A. et al. Introduction of medicinal plants into in vitro culture. *XVI Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya "Agrarnaya nauka – sel'skomu khozyaystvu"*. Barnaul, Russia. 2021;1: 245–247. (In Russ.)
5. Georgievskiy V.P., Komissarenko I.F., Dmitruk S.E. *Biologically active substances of medicinal plants*. Novosibirsk, USSR: Nauka, 1990:333. (In Russ.)
6. Doan T.T. Features of clonal micropropagation of rare and medicinal plants (*Euonymus nana* Bieb., *Dioscorea nipponica* Makino., *Dioscorea caucasia* Lipsky. and *Aristolochia manshuriensis* Kom.). CSc (Bio) thesis. Moscow, Russia, 2013:24. (In Russ.)
7. Dospekhov B.A. *Methods of field experience (with the basics of statistical processing of research results)*. Moscow, Russia: Al'yans. 2011:350. (In Russ.)
8. Echishvili E.E., Portnyagina N.V., Punegov V.V., Zainullina K.S. *Hypericum perforatum* L. in cultivation in the European North-East: monograph. Syktyvkar, Russia: Komi Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 2014:120. (In Russ.)
9. Gubanov I.A., Kiseleva K.V., Novikov V.S., Tikhomirov V.N. *Illustrated guide to plants of Central Russia*. Vol. 2. *Angiosperms (Dicotyledonous: Separate-petalled)*. Moscow, Russia: Tov-vo nauch. izd. KMK, Institute of Technological Research, 2003: 665. (In Russ.)
10. Gubanov I.A., Kiseleva K.V., Novikov V.S., Tikhomirov V.N. *Illustrated guide to plants of Central Russia*. Vol. 3: *Angiosperms (Dicotyledonous: Spinolepalous)*. Moscow, Russia: Tov-vo nauch. izd. KMK, Institute of Technological Research, 2004: 519. (In Russ.)
11. Kobysheva N.V., Akent'yeva E.M., Bogdanova E.G. et al. *Climate of Russia*. St. Petersburg, Russia: Gidrometeoizdat, 2001:654. (In Russ.)
12. Konurbaeva R.U., Aldayarbek G.K., Umralina A.R. Introduction to the culture and preservation in the in vitro collection of *Hedysarum* of Kyrgyzstan. *Izvestiya vuzov Kyrgyzstana*. 2015;2:126–131. (In Russ.)
13. Vladimirov D.R., Gladilin A.A., Gnedenko A.E. et al. *Methodology for conducting phenological observations*. Moscow, Russia: Alpina Pro, 2023:208. (In Russ.)
14. Mikhovich Zh.E., Echishvili E.E., Portnyagina N.V., Skrotskaya O.V. Peculiarities of *Hypericum perforatum* L. reproduction in vitro culture and development of plants in the open field. *Samara Journal of Science*. 2021;10(4): 79–86. <https://doi.org/10.17816/snv2021104112> (In Russ.)

15. *Review of agrometeorological conditions for the growth and development of agricultural crops in the Vologda region*. Vologda, Russia: Vologda Center for Hydrometeorology and Environmental Monitoring, 2021:15. (In Russ.)
16. Mishurov V.P., Portnyagina N.V., Zainullina K.S. et al. *Experience of introduction of medicinal plants in the middle taiga subzone of the Komi Republic*. Ekaterinburg, Russia: Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 2003:243. (In Russ.)
17. Makarov S.S., Makarova T.A., Samoilenko Z.A. et al. Tarragon (*Artemisia dracunculus* L.) in vitro and ex vitro propagation features. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo univetsiteta*. 2023;3:77–83. <https://doi.org/10.37670/2073-0853-2023-101-3-77-83> (In Russ.)
18. Pavlov N.V. *Plant raw materials of Kazakhstan*. Ed. by V.L. Komarov. Moscow, Leningrad, USSR: USSR Academy of Sciences, 1947:550. (In Russ.)
19. Poludenniy L.V., Zhuravlev Yu.P. *Procurement, cultivation and processing of medicinal plants*. Moscow, Russia: Izd-vo MSKhA, 2000:179. (In Russ.)
20. Blinova K.F., Vandyshev V.V., Komarova M.N. et al. *Plants for us*. St. Petersburg, Russia: Uchebnaya kniga, 1996:654. (In Russ.)
21. Reshetnyak V.V., Tsigura I.V. *Herbalist*. Kharkov, Ukrain: Prapor, 1993:463. (In Russ.)
22. Semenikhin I.D., Semenikhin V.I. *Encyclopedia of medicinal plants cultivated in Russia*. Vol. 1. Moscow, Russia: Shcherbinskaya tipografiya, 2013:240. (In Russ.)
23. Slepokurov A.S. Collections and nurseries of essential oil and medicinal plants. In: *Scientific and innovative potential for the development of production and processing of essential oil and medicinal plants of the Eurasian Economic Union*. Simferopol, Russia: Arial, 2021:192–202. (In Russ.)
24. Terekhin A.A., Vandyshev V.V. *Technology of Cultivation of medicinal plants*. Moscow: Peoples' Friendship University of Russia, 2008:201. (In Russ.)
25. Putyrskiy I.N., Prokhorov V.N. (Eds.) *Universal encyclopedia of medicinal plants*. Minsk, Belarus: Knizhniy Dom; Moscow, Russia: Machaon, 2000:654. (In Russ.)
26. Yakovlev G.P., Alekseeva G.M., Belodubrovskaya G.A., Blinova K.F. *Pharmacognosy. Medicinal raw materials of plant and animal origin*. St. Petersburg, Russia: SpetsLit, 2013:847. (In Russ.)
27. Malysheva L.I., Peshkova G.A. (Eds.). *Flora of Central Siberia*. Vol. 2. Novosibirsk, Russia: Nauka, 1994:506. (In Russ.)

### Сведения об авторах

**Зарубина Лилия Валерьевна**, д-р с.-х. наук, доцент, профессор кафедры лесного хозяйства, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение высшего образования «Вологодская государственная молочнохозяйственная академия им. Н.В. Верещагина»; 160555, Российская Федерация, Вологодская обл., г. Вологда, с. Молочное, ул. Шмидта, 2; e-mail: [liliya270975@yandex.ru](mailto:liliya270975@yandex.ru); тел.: (8172) 52–57–30

**Суrow Владимир Викторович**, канд. с.-х. наук, доцент, доцент кафедры растениеводства, земледелия и агрохимии, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение высшего образования «Вологодская государственная молочнохозяйственная академия им. Н.В. Верещагина»; 160555, Российская Федерация, Вологодская обл., г. Вологда, с. Молочное, ул. Шмидта, 2; e-mail: [wladimirsurow@rambler.ru](mailto:wladimirsurow@rambler.ru); тел.: (8172) 52–57–30

**Куликова Елена Ивановна**, канд. с.-х. наук, доцент, заведующий кафедрой растениеводства, земледелия и агрохимии, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение высшего образования «Вологодская государственная молочнохозяйственная

академия им. Н.В. Верещагина»; 160555, Российская Федерация, Вологодская обл., г. Вологда, с. Молочное, ул. Шмидта, 2; e-mail: kulikova@list.ru; тел.: (8172) 52–57–30

**Чудецкий Антон Игоревич**, канд. с.-х. наук, доцент кафедры декоративно-садоводства и газоноведения, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия имени К.А. Тимирязева»; 127434, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: chudetski@rgau-msha.ru; тел.: (499) 976–05–45

**Кульчицкий Андрей Николаевич**, студент магистратуры кафедры ландшафтной архитектуры и искусственных лесов Высшей школы естественных наук и технологий, Федеральное государственное автономное научное учреждение высшего образования «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова»; 163002, Российская Федерация, г. Архангельск, ул. Набережная Северной Двины, 17; e-mail: 5060637@mail.ru

**Бородулин Дмитрий Михайлович**, д-р техн. наук, профессор, и.о. директора Технологического института, профессор кафедры технологии хранения и переработки плодоовощной и растениеводческой продукции, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия имени К.А. Тимирязева»; 127434, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: borodulin@rgau-msha.ru; тел.: (499) 977–10–33

### **Information about the authors**

**Lilia V. Zarubina**, DSc (Agr), Associate Professor, Professor at the Department of Forestry, Vologda State Dairy Farming Academy by N.V. Vereshchagin (2 Schmidta St., Molochnoe, Vologda, Vologda region, 160555, Russian Federation; phone: (499) 976–05–45; e-mail: liliya270975@yandex.ru)

**Vladimir V. Surov**, CSc (Agr), Associate Professor, Associate Professor at the Department of Plant Growing, Agriculture and Agrochemistry, Vologda State Dairy Farming Academy by N.V. Vereshchagin (2 Schmidta St., Molochnoe, Vologda, Vologda region, 160555, Russian Federation; phone: (499) 976–05–45; e-mail: wladimirsurow@rambler.ru)

**Elena I. Kulikova**, CSc (Agr), Associate Professor, Head of the Department of Plant Growing, Agriculture and Agrochemistry, Vologda State Dairy Farming Academy by N.V. Vereshchagin (2 Schmidta St., Molochnoe, Vologda, Vologda region, 160555, Russian Federation; phone: (499) 976–05–45; e-mail: kulikova@list.ru)

**Anton I. Chudetskiy**, CSc (Ag), Associate Professor at the Department of Ornamental Horticulture and Lawn Science, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation; phone: (499) 976–05–45; e-mail: chudetski@rgau-msha.ru)

**Andrey N. Kulchitskiy**, Master's Degree student at the Department of Landscape Architecture and Artificial Forests, Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov (17 Naberezhnaya Severnoy Dviny St., Arkhangelsk, 163002, Russian Federation; e-mail: 5060637@mail.ru)

**Dmitry M. Borodulin**, DSc (Tech), Professor, Acting Director of the Technological Institute, Professor at the Department of Technology of Storage and Processing of Fruits, Vegetables and Plant Growing Products, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation; phone: (499) 977–10–33; e-mail: borodulin@rgau-msha.ru)

## ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ УСТЬИЧНОГО АППАРАТА ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РОДА *THYMUS* L.

Е.Л. МАЛАНКИНА<sup>1</sup>, Х.А.Х. АЛЬ-КАРАВИ<sup>1,2</sup>, С.Л. ЕВГРАФОВА<sup>3</sup>

(<sup>1</sup>Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева;

<sup>2</sup>Вавилонский университет, Ирак;

<sup>3</sup>Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова)

*Thymus vulgaris* L. и *Thymus serpyllum* L. являются востребованными лекарственными растениями во многих странах мира благодаря содержанию эфирного масла, флавоноидов, дубильных веществ. Виды этого рода являются крайне полиморфными как по морфологическому и анатомическому строению, так и по биохимическому составу. Устьища играют важную роль для роста и формирования урожая. Изучение устьичного аппарата и его особенностей является актуальной темой исследования для сельскохозяйственных культур. Для работы использованы 8 образцов *Th. vulgaris* и 3 образца *Th. serpyllum* различного географического происхождения. При исследованиях пользовались стандартными методиками приготовления препаратов. В результате исследований показано, что для обоих видов характерно наличие устьиц на обеих сторонах листовой пластинки. В эпидермисе обоих проанализированных видов преобладает диацитный тип устьичного аппарата, но изредка обнаруживается также аномоцитный тип. Размер устьиц для каждого сорта независимо от погодных условий года был практически постоянным, что указывает, вероятно, на генетическую детерминированность размера устьиц и позволяет рассматривать данный показатель как диагностический признак при фармакогностическом анализе сырья. Количество устьиц на верхней стороне листа было относительно небольшим (16–129 шт/мм<sup>2</sup>), в то время как на нижней стороне листа оно находилось в пределах от 97–701 шт/мм<sup>2</sup> (*Th. serpyllum* ВИЛАР и у *Th. vulgaris* cv. Колхида соответственно), но в основном укладывалось в интервал 300–400 шт/мм<sup>2</sup>.

**Ключевые слова:** *Thymus vulgaris* L., *Thymus serpyllum* L., тимьян обыкновенный, тимьян ползучий, устьища, эпидерма.

### Введение

Род *Thymus* L., представляет интерес как источник фармакологически значимых соединений в медицине, пряно-ароматическое растение в пищевой промышленности, источник эфирного масла для парфюмерно-косметического производства [20]. В настоящее время оба вида тимьяна: тимьян обыкновенный (*Thymus vulgaris* L.) и тимьян ползучий (*Thymus serpyllum* L.) – входят в Государственную фармакопею Российской Федерации (ГФ РФ) XIV, XV изданий [1, 2]. Сырье содержит эфирное масло (до 2,5–3%), основным компонентом которого является тимол. Кроме того, важную роль играют флавоноиды, фенолкарбоновые кислоты. Оба вида тимьяна рекомендованы в качестве отхаркивающего, противовоспалительного и антимикробного средства [22, 24]. Трава тимьяна обладает антиоксидантным и противоглистным действием [11]. Отмечены также цитотоксический и цитостатический эффекты [4]. Для медицинского применения предпочтение отдается сортам, основным компонентом эфирного масла которых является тимол, и его содержание может превышать 50% [3, 14].

Формирование устьичного аппарата у растений контролируется многими компонентами: генами, клеточным пептидным сигналом, гормональными и экологическими факторами [6, 7, 19]. Известно, что воздействие на зрелые листья высокого

уровня CO<sub>2</sub> или низкого уровня освещенности вызывает снижение плотности устьиц и устьичного индекса (SI, соотношение устьиц к эпидермальным клеткам плюс количество устьиц, умноженное на 100) у вновь образующихся листьев [12, 15]. И наоборот, низкий уровень CO<sub>2</sub> и яркий свет обычно имеют противоположный эффект. Свет стимулирует развитие устьиц, а ауксин – подавляет [5]. Плотность устьиц формируется исходя, в том числе, из условий формирования вида: в частности, она ниже у растений засушливого климата [25].

Лист представителей рода *Thymus* L. относится к амфистомозному типу, то есть устьица присутствуют на обеих сторонах листа. Данный тип характерен для представителей засушливых мест обитания [18], к которым относится тимьян. Для тимьяна обыкновенного и тимьяна ползучего характерны сильно извилистые стенки клеток эпидермы – как верхней, так и нижней. У основных клеток верхней эпидермы часто отмечаются складчатость кутикулы и неравномерность толщины клеточных стенок, тогда как устьица присутствуют на обеих сторонах листа [1]. Для растений семейства *Lamiaceae* вообще, и для рода *Thymus* L. в частности, характерен диацитный тип устьиц, характеризующийся наличием только двух побочных клеток, общая стенка которых находится под прямым углом к замыкающим клеткам [8]. Побочные клетки устьиц также имеют сильно извилистые стенки. На нижней стороне листа устьиц, как правило, больше [2].

**Цель исследований:** выявить особенности устьичного аппарата у образцов *Th. vulgaris* и *Th. serpyllum* различного географического происхождения.

### Материал и методы исследований

Исследования проводили в 2015–2017 гг. на растениях коллекции тимьяна УНПЦ садоводства и овощеводства им. В.И. Эдельштейна РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. Происхождение образцов приведено в таблице 1 подраздела «Результаты и их обсуждение».

Для анатомического изучения отбирали свежие образцы, которые частично использовали для работы сразу, частично фиксировали в этаноле 70% и проводили изучение в течение зимнего сезона. В качестве источника препаратов для сравнения использовали гербарный материал кафедры ботаники, селекции и семеноводства садовых растений.

При работе с сухими образцами подготовка препаратов включала в себя предварительное замачивание в дистиллированной воде. Оптимальное время замачивания подбирали экспериментальным путем: для *Th. vulgaris* с более кожистыми листьями оно составило 8 ч, для *Th. serpyllum* – 4–6 ч. Трудность подготовки эпидермы листьев, особенно верхней, возникала прежде всего у *Th. vulgaris* по причине кожистой структуры, малого размера и сильно завернутого вниз, особенно у отдельных образцов, края листа. В этом случае приходилось прибегать к разрезанию листа на несколько частей, чтобы получить ровный участок для отделения эпидермы, включающей, в том числе, край. Это позволяло оценить устьица в разных частях листа. Очищенную и обесцвеченную эпидерму погружали в каплю глицерина на предметном стекле и закрывали покровным стеклом. Готовые этикетированные образцы хранили в темноте в холодильнике до момента экспертизы. Терминология, используемая в данных исследованиях, основывалась на классических работах по анатомии растений [13].

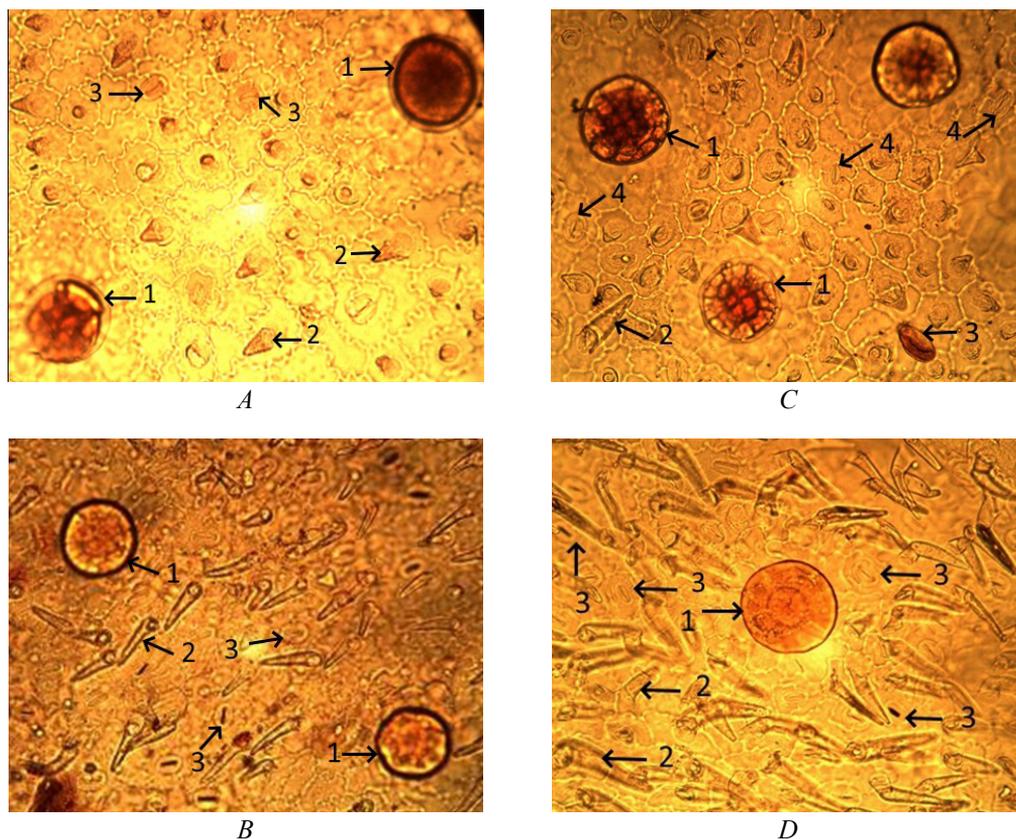
При микроскопии использовали световые микроскопы Primo Star Carl Zeiss и Ломо Микмед-1 (увеличение – 70х, 280х, 400х). Плотность устьиц и их размер определяли при помощи окуляр-микрометра 9х Ernst Zeiss Wetzlar и объект-микрометра ОМ-П с длиной основной шкалы 1 мм. Подсчеты проводили в 10-кратной повторности на участках между жилками. Все образцы были сфотографированы с помощью

видеоокуляра MyScore 300M, установленного на микроскопе Zeiss, при увеличении объектива [3]. При расчетах применяли методы математической статистики и программу Microsoft Office Excel 2019.

### Результаты и их обсуждение

На рисунках приведены изображения основных эпидермальных образований и секреторных структур. Устьицам при изучении лекарственных видов из семейства Яснотковые уделяется большое внимание в связи с тем, что они являются как систематическим признаком, так и важным диагностическим признаком при определении подлинности сырья.

При анализе адаксиальной и абаксиальной эпидермы листьев обоих исследованных видов обнаружены основные клетки эпидермы, имеющие разные размеры и степень складчатости (рис. 1). Кроме того, эпидерма также включает в себя замыкающие клетки устьиц, пельтатные железки и трихомы. По мнению ряда исследователей, изменение размера, плотности и размещение устьиц является одним из основных способов адаптации растений к условиям окружающей среды [26]. Мелкие клетки характерны для растений более холодной среды обитания [16].



**Рис. 1.** *Th. vulgaris* АФ «Гавриш»:

А – верхняя эпидерма (1 – пельтатная железка; 2 – одноклеточная простая трихома; 3 – устьице);

В – нижняя эпидерма (1 – пельтатная железка; 2 – двухклеточная простая трихома; 3 – устьице);

*Th. vulgaris* cv. Di Roma (С – верхняя эпидерма: 1 – пельтатная железка;

2 – одноклеточная простая трихома; 3 – головчатая железистая трихома; 4 – устьице);

Д – нижняя эпидерма (1 – пельтатная железка; 2 – двухклеточная простая трихома; 3 – устьице)

Для тимьяна, как и многих других представителей семейства *Lamiaceae*, характерен дицитный тип устьичного аппарата [21]. Поверхность листа покрыта четко выраженной кутикулой различной толщины. В эпидерме обоих проанализированных нами видов преобладает дицитный тип устьичного аппарата, но местами встречается также аномоцитный тип. Для представителей обоих видов было выявлено расположение устьиц среди основных клеток как верхней, так и нижней эпидермы, что характерно для амфистомозного типа листьев. У образцов *Th. vulgaris* АФ «Гавриш» отмечено присутствие либо только дицитных типов устьичных аппаратов, либо, как у св. Медок, св. Колхида, св. Di Roma, наличие как дицитных, так и редких аномоцитных типов. Эти результаты соответствуют данным других авторов по исследованию семейства *Lamiaceae* [10].

Размер устьиц большинства высших растений укладывается в диапазоне 10–80 мкм. Как следует из данных таблицы 1, устьица у тимьянов достаточно крупные – 0,55–0,83 мкм.

Таблица 1

**Размеры замыкающих клеток устьиц изучаемых образцов  
*Th. vulgaris* и *Th. serpyllum*, мкм**

Название образцов	Год	Замыкающие клетки устьиц нижней эпидермы (длина/ширина, мкм)	Замыкающие клетки устьиц верхней эпидермы (длина/ширина, мкм)
<i>Th. vulgaris</i> , сорт Медок, АФ «Гавриш», Россия	2015	0,6 / 0,5	0,63 / 0,5
	2016	0,6 / 0,54	0,62 / 0,53
	2017	0,61 / 0,5	0,63 / 0,5
	Среднее	<b>0,61 / 0,52</b>	<b>0,63 / 0,51</b>
<i>Th. vulgaris</i> , сорт Колхида, АФ «СеДеК», Россия	2015	0,7 / 0,5	0,66 / 0,46
	2016	0,73 / 0,5	0,68 / 0,43
	2017	0,71 / 0,5	0,66 / 0,43
	Среднее	<b>0,61 / 0,5</b>	<b>0,67 / 0,44</b>
<i>Th. vulgaris</i> , сорт Лимонный, АФ «Аэлита», Россия	2015	0,56 / 0,5	0,6 / 0,5
	2016	0,57 / 0,5	0,63 / 0,5
	2017	0,54 / 0,5	0,62 / 0,51
	Среднее	<b>0,55 / 0,5</b>	<b>0,62 / 0,50</b>
<i>Th. vulgaris</i> , сорт Deutscher Winter, Kiepenkerl, Германия	2015	0,66 / 0,5	0,76 / 0,5
	2016	0,66 / 0,52	0,76 / 0,5
	2017	0,65 / 0,5	0,76 / 0,52
	Среднее	0,66 / 0,51	<b>0,7 / 0,51</b>

Название образцов	Год	Замыкающие клетки устьиц нижней эпидермы (длина/ширина, мкм)	Замыкающие клетки устьиц верхней эпидермы (длина/ширина, мкм)
<i>Th. vulgaris</i> , сорт Quedlinburger Saatgut Kiepenkerl, Германия	2015	0,7 / 0,5	0,83 / 0,5
	2016	0,7 / 0,5	0,82 / 0,5
	2017	0,7 / 0,5	0,83 / 0,5
	Среднее	<b>0,76 / 0,5</b>	<b>0,83 / 0,5</b>
<i>Th. vulgaris</i> , Seva Seed, Чехия	2015	0,66 / 0,5	0,70 / 0,5
	2016	0,64 / 0,5	0,73 / 0,5
	2017	0,65 / 0,5	0,71 / 0,5
	Среднее	<b>0,65 / 0,5</b>	<b>0,72 / 0,5</b>
<i>Th. vulgaris</i> , сорт Di Roma, Kiepenkerl, Германия	2015	0,7 / 0,5	0,70 / 0,5
	2016	0,7 / 0,5	0,72 / 0,5
	2017	0,7 / 0,5	0,71 / 0,5
	Среднее	<b>0,7 / 0,5</b>	<b>0,71 / 0,5</b>
<i>Th. vulgaris</i> , АФ «Гавриш», Россия	2015	0,63 / 0,5	0,70 / 0,46
	2016	0,61 / 0,5	0,71 / 0,45
	2017	0,60 / 0,5	0,73 / 0,45
	Среднее	<b>0,62 / 0,5</b>	<b>0,72 / 0,45</b>
<i>Th. serpyllum</i> , ВИЛАР, Россия	2015	0,6 / 0,43	0,6 / 0,4
	2016	0,6 / 0,40	0,6 / 0,45
	2017	0,6 / 0,43	0,6 / 0,4
	Среднее	<b>0,6 / 0,41</b>	<b>0,6 / 0,42</b>
<i>Th. serpyllum</i> , сорт Пурпурно-фиолетовый, АФ «Гавриш», Россия	2015	0,56 / 0,46	0,70 / 0,43
	2016	0,56 / 0,41	0,72 / 0,41
	2017	0,55 / 0,43	0,74 / 0,41
	Среднее	<b>0,56 / 0,43</b>	<b>0,72 / 0,42</b>
<i>Th. serpyllum</i> , сорт Пикантный, АФ «Седек», Россия	2015	0,63 / 0,5	0,70 / 0,46
	2016	0,65 / 0,5	0,73 / 0,43
	2017	0,62 / 0,5	0,72 / 0,44
	Среднее	<b>0,64 / 0,5</b>	<b>0,72 / 0,44</b>

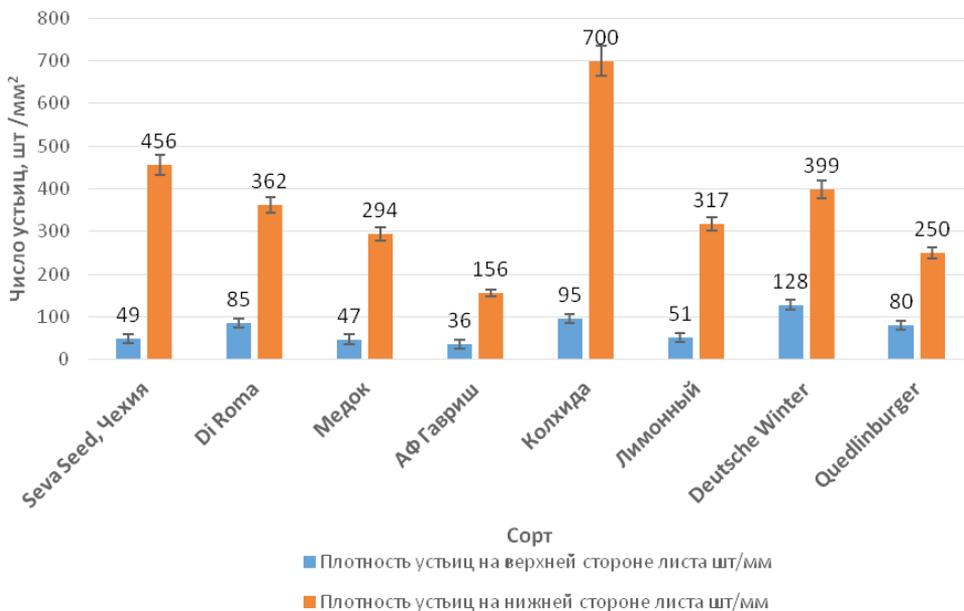
Размер устьиц отличался в зависимости от образца, но для каждого отдельного образца был стабилен по годам. В большинстве случаев разница не превышала 5%, что говорит о стабильности этого показателя для каждого сорта независимо от погодных условий. Длина и ширина устьиц на верхней и нижней сторонах листа были либо одинаковыми (*Th. vulgaris* cv. Медок, *Th. vulgaris*, cv. Di Roma), либо больше на одной из сторон листа на 7–10% – как правило, на нижней. Довольно интересно, что на нижней стороне листа устьица были более вытянутые, то есть при большей длине они имели меньшую ширину.

На рисунке 2 приведены результаты анализа количества устьиц верхней и нижней эпидермы в среднем за 3 года (2015–2017 гг.). Количество устьиц на единицу площади листа у высших растений оценивается в диапазоне 10–600 шт/мм<sup>2</sup>. В наших исследованиях количество устьиц на верхней стороне листа было относительно небольшим. На верхней стороне листа этот показатель колеблется от 16 шт/мм<sup>2</sup> у *Th. serpyllum* cv. Пурпурно-фиолетовый до 128–129 шт./мм<sup>2</sup> у *Th. serpyllum* cv. Пикантный и *Th. vulgaris* cv. Deutsche Winter.

В целом варьирование количества устьиц в зависимости от вида отмечено рядом исследователей [17]. Однако в наших исследованиях оно зависело не столько от вида, сколько от сорта в пределах одного вида. Количество устьиц существенно больше на нижней стороне. Это явление объяснимо с точки зрения распространения вида в засушливых регионах Средиземноморья тимьяна обыкновенного и степях и лесостепях тимьяна ползучего.

На нижней стороне листа количество устьиц было значительно выше и колебалось от 97 шт/мм<sup>2</sup> у *Th. serpyllum*, ВИЛАР до 701 шт/мм<sup>2</sup> у *Th. vulgaris* cv. Колхида, но в большинстве случаев находилось в интервале 300–400 шт/мм<sup>2</sup>. Взаимосвязь количества устьиц на верхней и нижней сторонах листа практически отсутствует ( $R = 0,264$ ).

Из данных рисунка 2 следует, что количество устьиц как на нижней, так и на верхней сторонах листа независимо от года является практически постоянным, то есть этот признак можно с определенными допущениями рассматривать как сортовой.



**Рис. 2.** Количество устьиц на верхней и нижней сторонах листа образцов изучаемых видов *Th. serpyllum* и *Th. vulgaris* (среднее за 2015–2017 гг.)

Различия в размере и плотности устьиц могут возникать ввиду генетических факторов и/или роста в различных условиях окружающей среды. Между этими двумя признаками устьиц часто предполагалась отрицательная корреляция. Эта обратная зависимость наблюдалась в пластических реакциях развития на изменения окружающей среды, а также во время долгосрочной эволюционной адаптации [9, 23].

Однако в проведенных исследованиях такая зависимость нами не обнаружена. Коэффициент корреляции между размером и плотностью устьиц на верхней стороне листа составил 0,41, а между размером и плотностью устьиц на нижней стороне листа – 0,16. Вероятно, данная закономерность характерна не для всех видов.

## Выводы

Установлено, что для изученных видов *Th. vulgaris* и *Th. serpyllum* характерно наличие устьиц на обеих сторонах листа. В эпидерме обоих проанализированных видов преобладает диацитный тип устьичного аппарата, но изредка встречается также аномоцитный тип. Размер устьиц для каждого сорта независимо от погодных условий года был практически постоянным, что указывает, вероятно, на генетическую детерминированность размера устьиц и позволяет использовать этот показатель в качестве диагностического признака при фармакогностическом анализе сырья. Количество устьиц на верхней стороне листа было относительно небольшим (16–129 шт/мм<sup>2</sup>), в то время как на нижней стороне листа оно находилось в пределах от 97 шт/мм<sup>2</sup> у *Th. serpyllum* ВИЛАР до 701 шт/мм<sup>2</sup> у *Th. vulgaris* cv. Колхида, но в большинстве укладывалось в интервал 300–400 шт/мм<sup>2</sup>.

## Библиографический список

1. Государственная фармакопея РФ, XIV издание ФС.2.5.0097.18 Тимьяна обыкновенного трава. URL: <https://docs.rucml.ru/feml/pharma/v14/vol4/1287/>.
2. Государственная фармакопея РФ, XIV издание ФС.2.5.0047.15 Чабреца трава. URL: <https://docs.rucml.ru/feml/pharma/v14/vol4/1375/>.
3. Маланкина Е.Л., Козловская Л.Н., Ткачева Е.Н. Эпидермальные структуры листьев некоторых сортов *Mentha x piperita* L. в связи с их продуктивностью // Овощи России. – 2019 – № 6. – С. 67–71. DOI: 10.18619/2072-9146-2019-6-67-71.
4. Ait M'Barek L., Ait Mouse H., Jaafari A., Aboufatima F.R., Benharref A., Kamal M., Bénard J., ElAbbadi N., Bensalah M., Gamouh A., Chait A., Dalal A. and Zyad A. Cytotoxic Effect of Essential Oil of Thyme (*Thymus broussonettii*) on the IGR-OV1 Tumor Cells Resistant to Chemotherapy // Brazilian Journal of Medical and Biological Research. – 2007. – Vol. 40. – Pp. 1537–1544. DOI: 10.1590/S0100-879X2007001100014.
5. Balcerowicz M., Ranjan A., Rupprecht L., Fiene G., Hoecker U. Auxin represses stomatal development in dark-grown seedling via Aux/IAA proteins // Development. – 2014. – № 141 (16). – Pp. 3165–3176. DOI: 10.1590/S0100-879X2007001100014:10.1242/dev.109181.
6. Bergmann D.C., Lukowitz W., Somerville C.R. Stomatal development and pattern controlled by a MAPKK kinase // Science. – 2004. – № 304 (5676). – Pp. 1494–1497. DOI: 10.1126/science.1096014.
7. Casson S.A., Hetherington A.M. Environmental regulation of stomatal development // Current Opinion in Plant Biology. – 2010. – № 13 (1). – Pp. 90–95. DOI: 10.1016/j.pbi.2009.08.005.
8. Cotthem van, W.R.F. A Classification of Stomatal Types // Botanical Journal of the Linnean Society. – 1970. – № 63 (3). – Pp. 235–246. DOI: 10.1111/j.1095-8339.1970.tb02321.

9. Franks P.J., Drake P.L., Beerling D.J. Plasticity in maximum stomatal conductance constrained by negative correlation between stomatal size and density: an analysis using *Eucalyptus globulus* // Plant Cell Environ. – 2009. – № 32. – Pp. 1737–1748. DOI: 10.1111/j.1365-3040.2009.02031.x.
10. Haruna H., Ashir H.I. Leaf epidermal structures and stomata ontogeny in some members of the *Lamiaceae* family // Bayero Journal of Pure and Applied Sciences. – 2017. – Vol. 10, № 1. – Pp. 670–675.
11. Kadam Shrikant, Kardile Omkar, Kakde Prathmesh, Supekar Abhay, Mandge Rohit. Review on *Thymus vulgaris* // International Journal of Novel Research and Development. – 2022. – Vol. 7 (11). – Pp. 204–208.
12. Lake J., Quick W., Beerling D., Woodward F. Signals from mature to new leaves // Nature. – 2001. – № 411. – P. 154. DOI: 10.1038/35075660.
13. Lawrence George H.M. Taxonomy of Vascular Plants. – New York: Macmillan, 1951. – 823 p. DOI: 10.1002/scs.3730360536.
14. Malankina E.L., Kozlovskaya L.N., Kuzmenko A.N., Evgrafov A.A. Determination of the component composition of essential oil of thyme species by the method of gas chromatography // Moscow University Chemistry Bulletin. – 2019. – Vol. 74, № 6. – Pp. 310–314. DOI: 10.3103/S0027131419060117.
15. Miyazawa S-I., Livingston N.J., David H., Turpin D.H. Stomatal development in new leaves is related to the stomatal conductance of mature leaves in poplar (*Populus trichocarpa* × *P. deltoides*). // Journal of Experimental Botany. – 2006. – № 57 (2). – Pp. 373–380. DOI: 10.1093/jxb/eri278.
16. Ninova D., Dushkova P. Trends in the anatomical and physiological variability of tree plants in industrial areas // Scientific Papers of PU «Paisii Hilendarski». – 1981. – № 19 (4). – Pp. 73–83 (In Bulgarian).
17. Ozcan M., Eminagaoglu O. Stem and leaf anatomy of three taxa in Lamiaceae // Bangladesh Journal of Botany. – 2014. – № 43 (3). – Pp. 345–352. DOI: 10.3329/bjb.v43i3.21612.
18. Parkhurst D.F. The adaptive significance of stomatal occurrence on one or both surfaces of leaves // Journal of Ecology. – 1978. – Vol. 66, № 2. – Pp. 367–383. DOI: org/10.2307/2259142.
19. Pillitteri L.J., Dong J. Stomatal Development in *Arabidopsis*. The *Arabidopsis* Book // American Society of Plant Biologists. – 2013. – Print 2013 11: e 0162. DOI: 10.1199/tab.0162. ISSN1543–8120. PMC3711358. PMID23864836.
20. Prasanth Reddy V., Ravi Vital K., Varsha P.V., Satyam S. Review on *Thymus vulgaris* Traditional Uses and Pharmacological Properties // Medicinal and Aromatic Plants. – 2014. – Vol. 3, № 3. – Pp. 1–3. DOI: 10.4172/2167-0412.1000164
21. Rashid M.H., Parnell J. Foliar micromorphological studies in some species of *Premna Linnaeus* (*Lamiaceae*) and their taxonomic implications // *Pleione*. – 2013. – № 7 (2). – Pp. 333–345.
22. Rota C., Herrera A., Martinez R.M., Sotomayor J.A., Jordan M.J. Antimicrobial activity and chemical composition of *Thymus vulgaris*, *Thymus zygis* and *Thymus hemalums* essential oils // Food Control. – 2008. – № 19. – Pp. 681–687. DOI: 10.1016/j.foodcont.2007.07.007.
23. Sun Y., Yan F., Cui X., Liu F. Plasticity in stomatal size and density of potato leaves under different irrigation and phosphorus regimes // Journal of Plant Physiology. – 2014. – № 171. – Pp. 1248–1255. DOI: 10.1016/J.JPLPH.2014.06.002.
24. Usha Kiran Reddy, Sindhu G., Rajesh S., Aruna B.A. Review on *Thymus vulgaris* for Its Reported Pharmacological Activities and Major Chemical Constituents // Indo American Journal of Pharmaceutical Sciences. – 2017. – № 4 (05). – Pp. 1372–1376. DOI: 10.5281/zenodo.804912.

25. Vijay Paul, Laxmi Sharma, Rakesh Pandey and Meena R.C. Measurements of Stomatal Density and Stomatal Index on Leaf/Plant Surfaces // Manual of ICAR Sponsored Training Programme on «Physiological Techniques to Analyze the Impact of Climate Change on Crop Plants». – 2017. – Pp. 27–30. DOI: 10.13140/RG.2.2.13426.40646.

26. Zarinkamar F. Stomatal observation in *Dicotyledons* // Pakistan Journal of Biological Sciences. – 2007. – Vol. 10, № 2. – Pp. 199–219. DOI: 10.3923/pjbs.2007.199.219.

## STRUCTURE FEATURES OF THE STOMATAL APPARATUS OF REPRESENTATIVES OF THE GENUS *THYMUS* L.

E.L. MALANKINA<sup>1</sup>, H.A.H. AL-QARAWI<sup>1,2</sup>, S.L. EVGRAFOVA<sup>3</sup>

(<sup>1</sup>Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy;

<sup>2</sup>Babylon University, Iraq;

<sup>3</sup>Sechenov First Moscow State Medical University)

*Thymus vulgaris* L. and *Thymus serpyllum* L. are sought-after medicinal plants in many countries of the world for their essential oils, flavonoids and tannins. The species of this genus are extremely polymorphic, both in their morphological and anatomical structure and in their biochemical composition. Stomata play an important role in growth and yield formation. The study of the stomatal apparatus and its features is a relevant research topic for agricultural crops. Eight specimens of *Th. vulgaris* and three specimens of *Th. serpyllum* from different geographical origins were used for the work. Standard methods of preparation of preparations were used in the study. The results show that both species are characterized by the presence of stomata on both sides of the leaf. In the epidermis of both species analyzed, the diacytic type of the stomatal apparatus predominates, but occasionally the anomocytic type is also found. The size of the stomata for each cultivar was almost constant regardless of the weather conditions of the year, which probably indicates the genetic determinism of the size of the stomata and allows this indicator to be considered as a diagnostic sign in the pharmacognostic analysis of raw materials. The number of stomata on the upper side of the leaf was relatively low (16 to 129 pcs/mm<sup>2</sup>), while on the lower side of the leaf it ranged from 97 to 701 pcs/mm<sup>2</sup> (in *Th. serpyllum* VILAR and *Th. vulgaris* cv. 'Colchis', respectively), but mostly fell within the range of 300 to 400 pcs/mm<sup>2</sup>.

**Keywords:** *Thymus vulgaris* L., *Thymus serpyllum* L., common thyme, creeping thyme, stomata, epidermis.

## References

1. State Pharmacopoeia of the Russian Federation. XIVth edition FS.2.5.0097.18 Common thyme (*Thymus vulgaris* L). (In Russ.) [Electronic source] URL: <https://docs.ruclml.ru/feml/pharma/v14/vol4/1287/>

2. State Pharmacopoeia of the Russian Federation. XIVth edition FS.2.5.0047.15. Creeping thyme (*Thymus serpyllum* L). (In Russ.) [Electronic source] URL: <https://docs.ruclml.ru/feml/pharma/v14/vol4/1375/>

3. Malankina E.L., Kozlovskaya L.N., Tkatcheva E.N. Epidermal structures of leaves in some *Mentha x piperita* L. varieties in connection with they productivity. *Vegetable crops of Russia*. 2019;(6):67–71. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-6-67-71>

4. Ait M'Barek L., Ait Mouse H., Jaafari A., Aboufatima F.R. et al. Cytotoxic Effect of Essential Oil of Thyme (*Thymus broussonetii*) on the IGR-OV1 Tumor Cells Resistant to Chemotherapy. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*. 2007;40:1537–1544. <https://doi.org/10.1590/S0100-879X2007001100014>

5. Balcerowicz M., Ranjan A., Rupprecht L., Fiene G., Hoecker U. Auxin represses stomatal development in dark-grown seedling via Aux/IAA proteins. *Development*. 2014;141(16):3165–3176. <https://doi.org/10.1242/dev.109181>
6. Bergmann D.C., Lukowitz W., Somerville C.R. Stomatal development and pattern controlled by a MAPKK kinase. *Science*. 2004;304(5676):1494–1497. <https://doi.org/10.1126/science.1096014>
7. Casson S.A., Hetherington A.M. Environmental regulation of stomatal development. *Current Opinion in Plant Biology*. 2010;13(1):90–95. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2009.08.005>
8. Cotthem van W.R.F. Classification of Stomatal Types. *Botanical Journal of the Linnean Society*. 1970;63(3):235–246. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8339.1970.tb02321>
9. Franks P.J., Drake P.L., Beerling D.J. Plasticity in maximum stomatal conductance constrained by negative correlation between stomatal size and density: an analysis using *Eucalyptus globulus*. *Plant Cell Environ*. 2009;32:1737–1748. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2009.02031.x>
10. Haruna H., Ashir H.I. Leaf epidermal structures and stomata ontogeny in some members of the Lamiaceae family. *Bayero Journal of Pure and Applied Science*. 2017;10(1):670–675.
11. Kadam Shrikant, Kardile Omkar, Kakde Prathmesh, Supekar Abhay, Mandge Rohit. Review on *Thymus vulgaris*. *International Journal of Novel Research and Development*. 2022;7(11):204–208.
12. Lake J., Quick W., Beerling D., Woodward F. Signals from mature to new leaves. *Nature*. 2001;411:154. <https://doi.org/10.1038/35075660>
13. Lawrence George H.M. *Taxonomy of Vascular Plants*. New York, USA: Macmillan, 1951:823. <https://doi.org/10.1002/sce.3730360536>
14. Malankina E.L., Kozlovskaya L.N., Kuzmenko A.N., Evgrafov A.A. Determination of the component composition of essential oil of thyme species by the method of gas chromatography. *Moscow University Chemistry Bulletin*. 2019;74(6):310–314. <https://doi.org/10.3103/S0027131419060117>
15. Miyazawa S-I., Livingston N.J., David H., Turpin D.H. Stomatal development in new leaves is related to the stomatal conductance of mature leaves in poplar (*Populus trichocarpa* x *P. deltoides*). *Journal of Experimental Botany*. 2006;57(2):373–80. <https://doi.org/10.1093/jxb/eri278>
16. Ninova D., Dushkova P. Trends in the anatomical and physiological variability of tree plants in industrial areas. *Scientific Papers of PU "Paisii Hilendarski"*. 1981;19(4):73–83. (In Bulg.)
17. Ozcan M., Eminagaoglu O. Stem and leaf anatomy of three taxa in Lamiaceae. *Bangladesh Journal of Botany*. 2014;43(3):345–352. <https://doi.org/10.3329/bjb.v43i3.21612>
18. Parkhurst D.F. The adaptive significance of stomatal occurrence on one or both surfaces of leaves. *Journal of Ecology*. 1978;66(2):367–383. <https://doi.org/10.2307/2259142>
19. Pillitteri L.J., Dong J. Stomatal Development in Arabidopsis. *The Arabidopsis Book*. 2013; 2013(11): e0162. <https://doi.org/10.1199/tab.0162>
20. Prasanth Reddy V., Ravi Vital K., Varsha P.V., Satyam S. Review on *Thymus vulgaris* Traditional Uses and Pharmacological Properties. *Medicinal and Aromatic Plants*. 2014;3(3):1–3. <https://doi.org/10.4172/2167-0412.1000164>
21. Rashid M.H., Parnell J. Foliar micromorphological studies in some species of *Premna* Linnaeus (Lamiaceae) and their taxonomic implications. *Pleione*. 2013;7(2):333–345.
22. Rota C., Herrera A., Martinez R.M., Sotomayor J.A., Jordan M.J. Antimicrobial activity and chemical composition of *Thymus vulgaris*, *Thymus zygis* and *Thymus hemalums* essential oils. *Food Control*. 2008;19:681–687. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2007.07.007>

23. Sun Y., Yan F., Cui X., Liu F. Plasticity in stomatal size and density of potato leaves under different irrigation and phosphorus regimes. *Journal of Plant Physiology*. 2014;171:1248–1255. <https://doi.org/10.1016/J.JPLPH.2014.06.002>

24. Usha Kiran Reddy, Sindhu G., Rajesh S., Aruna B.A. Review on *Thymus vulgaris* for Its Reported Pharmacological Activities and Major Chemical Constituents. *Indo American Journal of Pharmaceutical Sciences*. 2017;4(05):1372–1376. <https://doi.org/10.5281/zenodo.804912>

25. Vijay Paul, Laxmi Sharma, Rakesh Pandey, Meena R.C. Measurements of Stomatal Density and Stomatal Index on Leaf/Plant Surfaces. In: *Manual of ICAR Sponsored Training Programme on “Physiological Techniques to Analyze the Impact of Climate Change on Crop Plants”*. 6–25 January, 2017, Division of Plant Physiology. New Delhi, India: IARI, 2017:27–30. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.13426.40646>

26. Zarinkamar F. Stomatal observation in Dicotyledons. *Pakistan Journal of Biological Sciences*. 2007;10(2):199–219. <https://doi.org/10.3923/pjbs.2007.199.219>

### Сведения об авторах

**Елена Львовна Маланкина**, д-р с.-х. наук, профессор кафедры овощеводства, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел.: (499) 977–56–17; e-mail: malankina@rgau-msha.ru

**Ханан Ахмед Хадид Аль-Карави**, канд. биол. наук, доцент кафедры биологии, Научный факультет, Вавилонский университет, Ирак; e-mail: sci.hanan.ahmed@uobabylon.edu.iq

**Светлана Леонидовна Евграфова**, ассистент кафедры биологической химии, Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова; 119991, Российская Федерация, г. Москва, ул. Трубецкая, 8–2; тел.: (499) 246–70–26; e-mail: afkx\_farm@mail.ru

### Information about the authors

**Elena L. Malankina**, DSc (Agr), Professor at the Department of Vegetable Growing, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation; phone: (499) 977–56–17; e-mail: malankina@rgau-msha.ru

**Hanan A.H. AL-Qarawi**, CSc (Bio), Associate Professor at the Department of Biology, Faculty of Science, University of Babylon (the city of Hillah at Babylon, Iraq; e-mail: sci.hanan.ahmed@uobabylon.edu.iq)

**Svetlana L. Evgrafova**, Assistant at the Biological Chemistry Department, Sechenov First Moscow State Medical University (8–2 Trubetskaya St., Moscow, 119991, Russian Federation; phone: (499) 246–70–26; e-mail: afkx\_farm@mail.ru)

## ОСОБЕННОСТИ ФЕНОЛОГИИ НЕКОТОРЫХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РОДА *ROSA* L. В УСЛОВИЯХ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРА

Н.Р. СУНГУРОВА<sup>1</sup>, С.Р. СТРАЗДАУСКЕНЕ<sup>1</sup>, Г.Н. СТРУГОВА<sup>1</sup>,  
И.Б. КУЗНЕЦОВА<sup>2</sup>, А.Н. САХОНЕНКО<sup>3</sup>, М.В. ПРОСИН<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова;  
<sup>2</sup>Костромская ГСХА;

<sup>3</sup>Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева)

В статье представлены результаты наблюдений за наступлением фенологических фаз у представителей рода *Rosa* L. в условиях Европейского Севера. Розы широко используются в озеленении населенных пунктов как декоративные, лекарственные и плодовые растения. Исследования проводились в Дендрологическом саду имени И.М. Стратоновича (г. Архангельск). В качестве объектов исследований изучали растения из рода *Rosa* L.: роза повислая (*R. pendulina* L.), роза майская (*R. majalis* Herrm.), роза степная (*R. laxa* Retz.), роза колючейшая (*R. spinosissima* L.), роза морщинистая (*R. rugosa* Thunb.), роза гибридная (*R. × hybrida*), роза сизая (*R. glauca* Pourrett.). Европейскую группу географического происхождения составляют 45% изучаемых видов, азиатскую и дальневосточную – по 27%. Самыми первыми в условиях Европейского Севера (конец 2-й декады июня) начинают цвести интродуцированные виды: *R. × hybrida*, *R. rugosa*, *R. rugosa* 'Plena' и *R. spinosissima* 'Plena'. Обильным цветением отличаются (балл цветения – 5) *R. majalis*, *R. spinosissima*, *R. pendulina*. Созревание плодов начинается с конца августа у *R. rugosa* 'Plena' и продолжается до 3-й декады сентября у *R. glauca*. Плоды висят на побегах до середины зимы. Самое обильное плодоношение (4 балла) в условиях г. Архангельска отмечено у *R. majalis*, *R. spinosissima* и *R. pendulina*; минимальный балл плодоношения (2 балла) присвоен *R. glauca* и *R. rugosa* 'Plena'.

**Ключевые слова:** роза, шиповник, *Rosa* L., фенологические наблюдения, сезонное развитие, Европейский Север.

### Введение

Род Роза, или Шиповник (*Rosa* L.), в мировой флоре насчитывает от 190 до 500 видов [28, 29], при этом 100 таксонов произрастают на территории России [11]. Представители рода *Rosa* распространены преимущественно в умеренно теплых и субтропических областях Северного полушария. Роза, или шиповник, издавна широко используется человеком как декоративное, лекарственное и плодовое растение [4, 12, 25]. Некоторые виды во вторичном ареале активно натурализуются, проявляют высокую инвазивность [7, 14, 30, 31]. Антропогенная трансформация растительного покрова отражается на распространении представителей родового комплекса *Rosa*. Часть из них оказывается приуроченной к определенным элементам ландшафта [32, 33].

Представителям рода *Rosa* L. в озеленении северных городов уделяется большое внимание. Это связано с их декоративными качествами, нетребовательностью к почвенным условиям, устойчивостью к стресс-факторам в урбанистической среде. В природе Архангельской области распространены два вида: роза майская (*R. majalis* Herrm.) и роза иглистая (*R. acicularis* Lindl.) [19].

Роза, или шиповник, – кустарники, многие из которых ранней весной выделяются пурпурными побегами с сизым налетом и светлой зеленью распускающихся

перистых листьев. Особо декоративны они на освещенных местах в период цветения летом, когда растения обильно покрываются малиновыми (белыми, розовыми, красными или желтыми) крупными ароматными цветками с характерными скоплениями в центре множества золотистых тычинок. Осенняя окраска кустарников не менее эстетически привлекательна и представлена золотисто-желтыми, желто-оранжевыми, пурпурными и красными расцветками. Размножают эти виды семенами, корневыми отпрысками и делением кустов [10, 11, 29]. В последнее время для получения посадочного материала в коммерческих целях актуальным является ускоренное размножение с использованием биотехнологических методов [2, 16].

**Цель исследований:** изучение фенологических особенностей некоторых представителей рода *Rosa* L. в условиях Европейского Севера.

### Материал и методы исследований

Исследования проводились в Дендрологическом саду имени И.М. Стратоновича при Северном (Арктическом) федеральном университете имени М.В. Ломоносова (г. Архангельск) – одном из старейших интродукционных пунктов на Европейском Севере наряду с полярно-альпийским ботаническим садом в Мурманской области и Дендропарком Исландии [17]. Климат района исследований – субарктический, с продолжительной многоснежной зимой и коротким прохладным летом. Частое изменение погоды обусловлено интенсивным воздействием атлантических и арктических циклонов. Особенностью климата является также высокая влажность. Среднегодовая температура составляет  $+0,8^{\circ}\text{C}$ , средняя температура января и июля равна  $-12,5$  и  $+15,6^{\circ}\text{C}$  соответственно [1].

В качестве объекта исследований изучали представители рода *Rosa* L. семейства Розовые (*Rosaceae*), произрастающие на территории Дендрологического сада: роза повислая (*R. pendulina* L.), роза майская (*R. majalis* Herrm.), роза степная, или рыхлая (*R. laxa* Retz.), роза сизая (*R. glauca* Pourett.), роза колючейшая (*R. spinosissima* L.) (в том числе форма ‘Plena’ с белыми махровыми цветками), роза морщинистая (*R. rugosa* Thunb.) (в том числе форма ‘Plena’ с розовыми махровыми цветками), роза гибридная (*R. × hybrida* = *R. rugosa* × *R. rugosa* ‘Plena’). Данные виды и формы отличаются рядом морфологических признаков (размер и окраска листьев, форма, размер и расположение шипов, окраска цветка, форма плода) (рис. 1, 2) и географическим происхождением [8, 13, 17, 19, 21, 23, 26].

Фенологические наблюдения проводили в период 2015–2022 гг. Изучение особенностей протекания фенологических фаз осуществляли по методикам, изложенным в рекомендациях Главного ботанического сада имени Н.В. Цицина РАН [20] и учебно-методическом пособии П.М. Малаховца, В.А. Тисовой [18], с учетом других методических рекомендаций [3, 5, 6]. Для определения зимостойкости исследуемых растений использована шкала ГБС РАН [19]. Обилие цветения и плодоношения устанавливали по шкале В.Г. Каппера [22]. Статистическую обработку полученных результатов производили с помощью программы Microsoft Office Excel 2019.

### Результаты и их обсуждение

Исследуемые представители родового комплекса *Rosa* L. имеют различное географическое происхождение [8, 13, 17, 19, 21, 23, 26]. Европейскую группу составляют 40% изучаемых видов (*R. pendulina*, *R. majalis*, *R. glauca*) и по 30% – азиатскую (*R. laxa*, *R. spinosissima*) и дальневосточную (*R. rugosa*, *R. cinnamomea*) группы. Средние многолетние данные фенологических наблюдений приведены в таблице.



**Рис. 1.** Цветки представителей рода *Rosa*, произрастающих в Дендрологическом саду им. И.М. Стратоновича (г. Архангельск):

*a* – *R. pendulina*; *б* – *R. majalis*; *в* – *R. laxa*; *г* – *R. glauca*; *д* – *R. spinosissima*;  
*е* – *R. spinosissima* ‘Plena’; *ж* – *R. rugosa*; *з* – *R. rugosa* ‘Plena’; *и* – *R. × hybrida*

Период пробуждения у изучаемых видов разный и изменяется в зависимости от климатических условий года. Первыми начинают вегетационный период (28.04.) *R. majalis*, *R. pendulina* и *R. × hybrida*. С небольшим отставанием (02–03.05.) набухают почки у *R. rugosa* ‘Plena’ и *R. spinosissima* ‘Plena’. Позже всех вступает в фазу набухания почек *R. glauca* (13.05.).

Установлено, что фенологическая фаза «Цветение» варьирует по срокам наступления и обилию цветения. Самыми первыми в условиях Европейского Севера (20.06.) начинают зацветать интродуцированные виды, а именно *R. × hybrida*, *R. rugosa*, *R. rugosa* ‘Plena’ и *R. spinosissima* ‘Plena’. С небольшим отставанием (22.06.) распускаются цветы у *R. glauca* и *R. pendulina*. Через сутки вступает в фенологическую фазу цветения *R. majalis*. Позже остальных из всех изучаемых растений начинает зацветать *R. laxa*.

Отмечено, что в условиях Дендрологического сада САФУ обильно цветут (балл цветения – 5) *R. majalis*, *R. spinosissima*, *R. pendulina*. Менее интенсивное цветение (балл цветения – 2–3) отмечено у *R. glauca*, *R. rugosa*, *R. rugosa* ‘Plena’, *R. spinosissima* ‘Plena’, *R. × hybrida*.

Продолжительность цветения представлена на рисунке 3.

Установлено, что дольше всех фаза цветения протекает у *R. rugosa* ‘Plena’ – 34 дня. К длительно цветущим в условиях Дендрологического сада можно отнести также *R. rugosa* и *R. glauca* (31 день). Например, по данным ряда авторов [22, 25], в условиях Волгоградской области продолжительность цветения *R. rugosa* составляет 90 дней, а короткий период цветения (16 дней) зафиксирован у *R. laxa* и *R. spinosissima*

‘Plena’. О.А. Лявданская [15] отмечает, что продолжительность цветения *R. spinosissima* в Оренбурге находится в пределах 6...8 дней, а у *R. majalis* – 10...15 дней. В то же время в условиях г. Архангельска этот показатель у обоих видов составляет 20 дней.

На основании вышесказанного можно отметить, что произрастающие в Дендрологическом саду розы декоративны, отличаются значительным периодом цветения и перспективны для введения в городские насаждения северных городов.

Созревание плодов, имеющих шарообразную, приплюснутую и вытянутую формы, в Дендрологическом саду начинается с конца августа (27.08.) у *R. rugosa* ‘Plena’ и продолжается до 19.09. у *R. glauca*. Плоды находятся на побегах до середины зимы [27]. Примерно такие же даты зафиксированы учеными в различные временные периоды в Дендрологическом саду имени В.Н. Нилова при Северном НИИ лесного хозяйства (г. Архангельск). Так, авторы отмечают, что первыми начинают созревать плоды у *R. spinosissima* (31.08.), далее – у *R. majalis* (08.09.), *R. laxa* (12.09.), *R. rugosa* (16.09.) и *R. glauca* (23.09.) [9, 14].

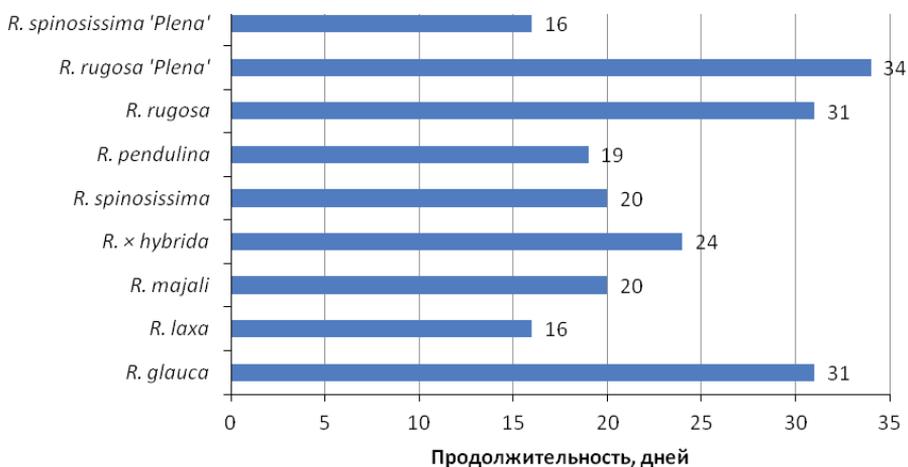


**Рис. 2.** Плоды представителей рода *Rosa*, произрастающих в Дендрологическом саду им. И.М. Стратоновича (г. Архангельск):

*a* – *R. pendulina*; *б* – *R. majalis*; *в* – *R. laxa*; *г* – *R. glauca*; *д* – *R. spinosissima*;  
*е* – *R. spinosissima* ‘Plena’; *ж* – *R. rugosa*; *з* – *R. rugosa* ‘Plena’; *и* – *R. × hybrida*

**Средние календарные даты фиксации фенологических фаз  
у представителей рода *Rosa* в условиях г. Архангельска**

Параметр	Название вида								
	<i>R. glauca</i>	<i>R. laxa</i>	<i>R. majalis</i>	<i>R. × hybrida</i>	<i>R. spinosissima</i>	<i>R. pendulina</i>	<i>R. rugosa</i>	<i>R. rugosa 'Plena'</i>	<i>R. spinosissima 'Plena'</i>
Набухание почек	13.05	07.05	28.04	28.04	10.05	28.04	07.05	02.05	03.05
Конус листьев	19.05	09.05	09.05	09.05	19.05	12.05	18.05	07.05	09.05
Появление первых листьев	30.05	25.05	18.05	19.05	31.05	20.05	30.05	11.05	28.05
Цветение начало	22.06	25.06	23.06	20.06	24.06	22.06	20.06	20.06	20.06
конец	22.07	10.07	12.07	13.07	13.07	10.07	20.07	23.07	05.07
балл	3	4	5	3	5	5	2	3	3
Созревание плодов,	19.09	05.09	12.09	18.09	04.09	11.09	12.09	27.08	10.09
балл	2	3	4	3	4	4	3	2	3
Появление осенней окраски листьев	20.09	17.09	15.09	18.09	16.09	20.09	22.09	20.09	15.09
Листопад начало	26.09	27.09	03.10	07.10	23.09	26.09	24.09	21.10	25.09
конец	18.10	15.10	21.10	19.10	09.10	15.10	20.10	11.11	12.10
Зимостойкость, балл	II	I-II	I	I	I	I	I-II	I	I-II

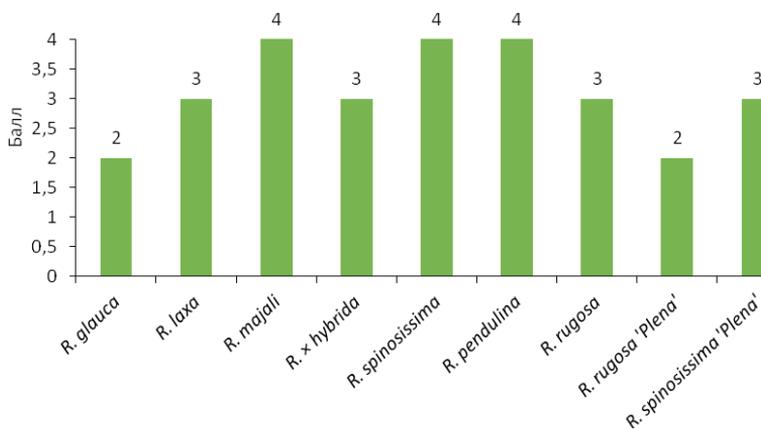


**Рис. 3.** Продолжительность цветения представителей рода *Rosa* в Дендрологическом саду им. И.М. Стратоновича (г. Архангельск)

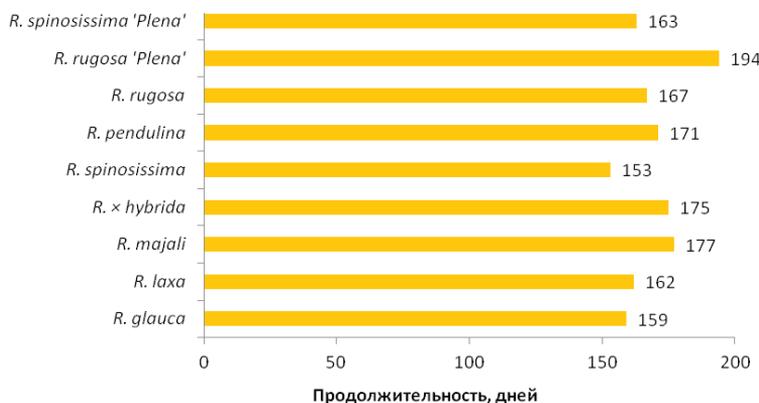
Характеристика обилия плодоношения у представителей родового комплекса *Rosa* представлена на рисунке 4. Минимальный балл (2 балла) присвоен *R. glauca* и *R. rugosa* 'Plena'. Самое обильное плодоношение (4 балла) в Дендрологическом саду САФУ зафиксировано у *R. majalis*, *R. spinosissima* и *R. pendulina*.

Начало листопада у исследуемых видов отмечается в 3-й декаде сентября. Первой вступает в эту фенологическую фазу *R. spinosissima* (23.09.). Позже остальных (21.10.) листопад начинается у *R. rugosa* 'Plena'.

Прохождение всех фенологических фаз говорит о полной адаптации интродуцированных видов к северным условиям. Так, самый короткий вегетационный период отмечен у *R. spinosissima* – 153 дней. Растянутый период вегетации наблюдается у р *R. rugosa* 'Plena' – 194 дня (рис. 5). При этом все исследуемые виды отличаются высокой зимостойкостью (I и I–II балла), и лишь *R. Glauca*, у которой в отдельные суровые зимы обмерзают 1–2-летние побеги, присвоен балл зимостойкости II.



**Рис. 4.** Обилие плодоношения представителей рода *Rosa* в Дендрологическом саду им. И.М. Стратоновича (г. Архангельск)



**Рис. 5.** Продолжительность вегетационного периода представителей рода *Rosa* в Дендрологическом саду им. И.М. Стратоновича (г. Архангельск)

## Выводы

Таким образом, знание особенностей наступления фенологических фаз у представителей рода *Rosa* L. в условиях Европейского Севера позволит с успехом использовать их как декоративные, лекарственные и плодовые растения. Для обогащения

урбанофлоры северных городов целесообразно использовать наиболее декоративные интродуцированные виды шиповника: например, *R. glauca* и *R. rugosa* (в том числе сорт 'Рлена'), отличающиеся наиболее продолжительным цветением.

В целом все изучаемые представители родового комплекса *Rosa* L. обладают высокой зимостойкостью и декоративностью, поэтому их можно рекомендовать для формирования живых изгородей, групп, опушек, а также для солитерных посадок.

### Библиографический список

1. Атлас Архангельской области / Отв. ред. Н.А. Моргунова. – М.: Главное управление геодезии и картографии, 1976. – 72 с.
2. *Ахметова Л.Р., Соболева Е.В., Шарафутдинов Х.В.* Некоторые аспекты клонального микроразмножения декоративных культур на примере *Rosa* L. и *Hydrangea* L. // Перспективы развития садоводства и садово-паркового строительства: монография. – М.: РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 2022. – С. 221–237.
3. *Булыгин Н.Е.* Фенологические наблюдения над древесными растениями: учеб. пособие. – Л.: Наука, 1979. – 97 с.
4. *Булыгин Н.Е., Фирсова Г.А.* Интродукция растений и дендромелиорация урбанизированной среды. – СПб., 1992. – 132 с.
5. *Булыгин Н.Е., Ярмишко В.Т.* Дендрология: учебник. – М.: МГУЛ, 2001. – 528 с.
6. *Буторова О.Ф., Шестак К.В.* Фенология интродуцентов в дендрарии СибГТУ // Известия вузов. Лесной журнал. – 2007. – № 2. – С. 48–53.
7. *Былов В.Н., Михайлов Н.Л., Сурина Е.И.* Розы. Итоги интродукции: справоч. пособие. – М.: Наука, 1988. – 440 с.
8. *Громадин А.В., Матюхин Д.Л.* Дендрология: Учебник. – Изд. 2-е, стер. – М.: Академия, 2007. – 368 с.
9. *Демидова Н.А., Дуркина Т.М.* Каталог коллекции древесных растений дендрологического сада имени В.Н. Нилова ФБУ «Северный научно-исследовательский институт лесного хозяйства» / Отв. ред. Н.А. Демидова. – Изд. 3-е, изм. и доп. – Архангельск, 2013. – 144 с.
10. *Демидова Н.А., Дуркина Т.М., Гоголева Л.Г.* Коллекция красивоцветущих кустарников дендрологического сада им. В.Н. Нилова СевНИИЛХ // Лесохозяйственная информация. – 2021. – № 1. – С. 56–72.
11. *Демидова Н.А., Дуркина Т.М., Гоголева Л.Г.* Некоторые итоги интродукционного испытания древесных растений на Европейском Севере // Наука – лесному хозяйству севера: Сборник научных трудов. – Архангельск: СевНИИЛХ, 2019. – С. 171–181.
12. *Иванова И.В., Ханбабаева О.Е.* Декоративное садоводство с основами ландшафтного проектирования: Учебное пособие. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2013. – Ч. 2. – 179 с.
13. *Игнатъев Б.Д.* Шиповник и его использование. – Новосибирск: Типография № 1, 1946. – 322 с.
14. *Крыжановская Л.Е., Нилов В.Н.* Интродукция кустарников рода *Rosa* в дендрологическом саду АИЛиЛх // Искусственное восстановление леса на Севере: Сборник научных трудов. – Архангельск, 1979. – С. 35–42.
15. *Лявданская О.А.* Использование дикорастущих шиповников в озеленении Оренбурга // Актуальные проблемы лесного комплекса. – 2011. – № 28. – С. 185–188.
16. *Макаров С.С., Соболева Е.В., Чудецкий А.И.* Особенности органогенеза малораспространенных сортов рода *Rosa* L. при клональном микроразмножении // Научные труды Чебоксарского филиала Главного ботанического сада им. Н.В. Цицина РАН. – 2023. – Вып. 19. – С. 65–68.

17. Малаховец П.М., Тисова В.А. Деревья и кустарники дендросада Архангельского государственного технического университета: Учебное пособие. – Архангельск: Изд-во АГТУ, 1999. – 50 с.
18. Малаховец П.М., Тисова В.А. Фенологические наблюдения за сезонным развитием деревьев и кустарников: учеб. пособие. – Архангельск: АГТУ, 1999. – 48 с.
19. Малаховец П.М., Тисова В.А., Травникова Г.И., Цвиль В.С. Практическое пособие по озеленению городов и поселков Архангельской области. – Архангельск, 1999. – 71 с.
20. Методика фенологических наблюдений в ботанических садах СССР // Бюллетень ГБС АН СССР. – 1979. – Вып. 113. – С. 3–8.
21. Плантариум. Растения и лишайники России и сопредельных стран: Открытый онлайн-атлас и определитель растений. – [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.plantarium.ru/> (дата обращения: 21.11.2023).
22. Подковыров И.Ю., Соломенцева А.С. Применение шиповников для повышения декоративности и долговечности озеленительных посадок // Известия Нижегородского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2013. – № 3. – С. 98–103.
23. Редько Г.И., Мерзленко М.Д., Бабич Н.А. Лесные культуры: Учебник: В 2 ч. Ч. 1 / Отв. ред. Г.И. Редько. – Изд. 2-е, испр. и доп. – М.: Юрайт, 2018. – 197 с.
24. Соломенцева А.С. Оценка декоративных признаков у видов рода *Rosa* L в Нижнем Поволжье // Роль метабомики в совершенствовании биотехнологических средств производства: Материалы II Международной научной конференции. – М., 2019. – С. 563–574.
25. Стрелец В.Д., Еремин В.И., Тутов М.Х., Корягина Е.А. Производственно-хозяйственное обоснование промышленного выращивания шиповника // Известия ТСХА. – 2005. – № 4. – С. 160–165.
26. Сунгурова Н.Р. Декоративная дендрология: Учебное пособие. – Архангельск: САФУ, 2014. – 116 с.
27. Сунгурова Н.Р., Страздаускене С.Р., Стругова Г.Н., Макаров С.С., Бесчетнов В.П. Морфометрические показатели плодов и качество семян некоторых представителей рода *Rosa* L. // Лесной вестник. Forestry Bulletin. – 2023. – Т. 27, № 5. – С. 127–137. DOI: 10.18698/2542-1468-2023-5-127-137.
28. Хржановский В.Г. Розы. Филогения и систематика. Спонтанные виды Европейской части СССР, Крыма и Кавказа: опыт и перспективы использования. – М.: Современная наука, 1958. – 497 с.
29. Чирков В.И. Шиповник. – Л.: Лениздат, 1943. – 40 с.
30. Bruun H.H. Prospects for Biocontrol of Invasive *Rosa rugosa* // BioControl. – 2006. – Vol. 51. – Pp. 141–181.
31. Gu C., Robertson K.R. *Rosa* L. // Flora of China / Z-Y. Wu, P.M. Raven (eds.). – Beijing: Science Press; St. Louis: Missouri Botanic Garden Press, 2003. – Vol. 9. – Pp. 368–369.
32. Kollmann J., Frederiksen L., Vestergaard P., Bruun H.H. Limiting Factors for Seedling Emergence and Establishment of the Invasive Non-native *Rosa rugosa* in a Coastal Dune System // Biol. Invasions. – 2007. – Vol. 9. – Pp. 31–42.
33. Koopman W.J.M., Wissemann V., de Cock K., Van Huylbroeck J., de Riek J., Sabatino G.J.H., Visser D., Vosman B., Ritz C., Maes B., Werlemark G., Nybom H., Debener T., Linde M., Smulders M.J.M. AFLP Markers as a Tool to Reconstruct Complex Relationships: A Case Study in *Rosa* (Rosaceae) // American Journal of Botany. – 2008. – Vol. 95, № 3. – Pp. 353–366.

# FEATURES OF THE PHENOLOGY OF SOME REPRESENTATIVES OF THE GENUS *ROSA* L. IN THE CONDITIONS OF THE EUROPEAN NORTH

N.R. SUNGUROVA<sup>1</sup>, S.R. STRAZDAUSKENE<sup>1</sup>, G.N. STRUGOVA<sup>1</sup>,  
I.B. KUZNETSOVA<sup>2</sup>, A.N. SAKHONENKO<sup>3</sup>, M.V. PROSIN<sup>3</sup>

(<sup>1</sup>Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov;

<sup>2</sup>Kostroma State Agricultural Academy;

<sup>3</sup>Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy)

*The article presents the results of observations of the onset of phenological phases in representatives of the genus Rosa L. in the conditions of the European North. Roses are widely used in landscaping of settlements as ornamental, medicinal and fruit plants. The research was carried out in the Dendrological Garden named after I.M. Stratonovich (Arkhangelsk). Objects of research are plants of the genus Rosa L.: R. pendulina L., R. majalis Herrm., R. laxa Retz., R. spinosissima L., R. rugosa Thunb., R. × hybrida, R. glauca Pourret. The European group of geographical origin accounts for 45% of the studied species, the Asian and Far-Eastern – 27% each. The introduced species are the first to bloom in the European North (late 2nd decade of June): R. × hybrida, R. rugosa, R. rugosa 'Plena' and R. spinosissima 'Plena'. R. majalis, R. spinosissima, R. pendulina are distinguished by abundant flowering (flowering score – 5). Fruit ripening begins at the end of August in R. rugosa 'Plena' and continues until the 3rd decade of September in R. glauca. The fruits hang on the shoots until mid-winter. The most abundant fruiting (4 points) in the conditions of Arkhangelsk is observed in R. majalis, R. spinosissima and R. pendulina; the minimum fruiting score (2 points) is assigned to R. glauca and R. rugosa 'Plena'.*

**Keywords:** rose, rosehip, *Rosa* L., phenological observations, seasonal development, European North.

## References

1. *Atlas of the Arkhangelsk region*. Ed. by Morgunova N.A. Moscow, USSR: Main Directorate of Geodesy and Cartography, 1976:72. (In Russ.)
2. Akhmetova L.R., Soboleva E.V., Sharafutdinov Kh.V. Some aspects of clonal micropropagation of ornamental crops using the example of *Rosa* L. and *Hydrangea* L. In: *Prospects for the development of horticulture and landscape construction*: monograph. Moscow, Russia: Russian State Agrarian University-Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, 2022:221–237. (In Russ.)
3. Bulygin N.E. *Phenological observations of woody plants*. Leningrad, USSR: Nauka, 1979:97. (In Russ.)
4. Bulygin N.E., Firsova G.A. *Introduction of plants and dendromelioration of an urban environment*. St. Petersburg, Russia, 1992:132. (In Russ.)
5. Bulygin N.E., Yarmishko V.T. *Dendrology*. Moscow, Russia: Moscow State Forest University, 2001:528. (In Russ.)
6. Butorova O.F., Shestak K.V. Phenology of introduced species in the arboretum of Siberian State Technical University. *Russian Forestry Journal*. 2007;2:48–53. (In Russ.)
7. Bylov V.N., Mikhailov N.L., Surina E.I. *Roses. Results of introduction*. Moscow, Russia: Nauka, 1988:440. (In Russ.)
8. Gromadin A.V., Matyukhin D.L. *Dendrology*. Moscow, Russia: Akademia, 2007:368. (In Russ.)
9. Demidova N.A., Durkina T.M. *Catalog of the Collection of woody plants of the Dendrological Garden named after V.N. Nilov of Northern Research Institute of Forestry*. Arkhangelsk, Russia, 2013:144. (In Russ.)

10. Demidova N.A., Durkina T.M., Gogoleva L.G. Collection of beautiful flowering shrubs of the Dendrological Garden named after V.N. Nilov “SevNIILH”. *Forestry Information*. 2021;1:56–72. (In Russ.)
11. Demidova N.A., Durkina T.M., Gogoleva L.G. Some results of the introduction testing of woody plants in the European North. In: *Nauka – lesnomu khozyaystvu severa*. Arkhangelsk, Russia: Northern Research Institute of Forestry, 2019:171–181. (In Russ.)
12. Ivanova I.V., Khanbabaeva O.E. *Ornamental horticulture with the basics of landscape design*. Part 2. Moscow, Russia: Russian State Agrarian University-Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, 2013:179. (In Russ.)
13. Ignat’ev B.D. Rosehip and its use. Novosibirsk, USSR: Tipografiya No. 1, 1946:322. (In Russ.)
14. Kryzhanovskaya L.E., Nilov V.N. Introduction of shrubs of the Genus Rosa in the Dendrological Garden of Arkhangelsk Institute of Forestry and Timber Chemistry. In: *Iskusstvennoe vosstanovlenie lesa na Severe*. Arkhangelsk, USSR, 1979:35–42. (In Russ.)
15. Lyavdanskaya O.A. Use of wild rosehips in landscaping of Orenburg. *Aktualnye problemy lesnogo kompleksa*. 2011;28:185–188. (In Russ.)
16. Makarov S.S., Soboleva E.V., Chudetsky A.I. Features of organogenesis of less common cultivars of the genus Rosa L. during clonal micropropagation. *Nauchnye trudy Cheboksarskogo filiala Glavnogo botanicheskogo sada im. N.V. Tsitsina RAN*. 2023;19:65–68. (In Russ.)
17. Malakhovets P.M., Tisova V.A. *Trees and shrubs of the Arboretum of the Arkhangelsk State Technical University*. Arkhangelsk, Russia: Arkhangelsk State Technological University, 1999:50. (In Russ.)
18. Malakhovets P.M., Tisova V.A. *Phenological observations of the seasonal development of trees and shrubs*. Arkhangelsk, Russia: Arkhangelsk State Technological University, 1999: 48. (In Russ.)
19. Malakhovets P.M., Tisova V.A., Travnikova G.I., Tsvil’, V.S. *Practical guide to landscaping cities and towns in the Arkhangelsk region*. Arkhangelsk, Russia. 1999:71. (In Russ.)
20. Methodology of phenological observations in the botanical gardens of the USSR. *Byulleten’ Glavnogo botanicheskogo sada AN SSSR*. 1979;113:3–8. (In Russ.)
21. *Plantarium. Plants and lichens of Russia and neighboring countries: open online atlas and plant guide*. (In Russ.) [Electronic source] URL: <https://www.plantarium.ru/> (accessed: November 21, 2023)
22. Podkovyrov I.Yu., Solomentseva A.S. Use of rosehips to increase the ornamentalness and durability of landscaping. *Proceedings of Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Education*. 2013;3:98–103. (In Russ.)
23. Red’ko G.I., Merzlenko M.D., Babich N.A. *Forest plants*. Part 1. Moscow, Russia: Urayt, 2018:197. (In Russ.)
24. Solomentseva A.S. Assessment of Ornamental Traits in Species of the Genus Rosa L in the Lower Volga Region. *II Mezhdunarodnaya Nauchnaya Konferentsiya “Rol’ metabolomiki v sovershenstvovanii biotekhnologicheskikh sredstv proizvodstva” po napravleniyu “Metabolomika i kachestvo zhizni”*, Moscow, June 06–07, 2019. Moscow, Russia: All-Russian Research Institute of Medicinal and Aromatic Plants, 2019:563–574. (In Russ.)
25. Strelets V.D., Eremin V.I., Tutov M.Kh., Koryagina E.A. Production and economic justification for the industrial cultivation of rosehips. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy (TAA)*. 2005;4:160–165. (In Russ.)
26. Sungurova N.R. *Ornamental dendrology*. Arkhangelsk, Russia: Northern (Arctic) Federal University, 2014:116. (In Russ.)

27. Sungurova N.R., Strazdauskiene S.R., Strugova G.N., Makarov S.S., Besschetnov V.P. Genus *Rosa* L. fruit and seed quality morphometric indices. *Lesnoy Vestnik. Forestry Bulletin*. 2023;27(5):127–137. (In Russ.) <https://doi.org/10.18698/2542-1468-2023-5-127-137>
28. Khrzhanovsky V.G. *Roses. Phylogeny and systematics. spontaneous views of the European Part of the USSR, Crimea and the Caucasus: experience and prospects for use*. Moscow, USSR: Sovremennaya Nauka, 1958:497. (In Russ.)
29. Chirkov V.I. *Rosehip*. Leningrad, USSR: Lenizdat, 1943:40. (In Russ.)
30. Bruun H.H. Prospects for Biocontrol of Invasive *Rosa rugosa*. *BioControl*. 2006;51:141–181.
31. Gu C., Robertson K.R. *Rosa* L. In: *Wu Z-Y, Raven P.M. (eds.). Flora of China*. Beijing, China: Science Press; St. Louis, Missouri, USA: Missouri Botanic Garden Press, 2003;9:368–369.
32. Kollmann J., Frederiksen L., Vestergaard P., Bruun H.H. Limiting Factors for Seedling Emergence and Establishment of the Invasive Non-native *Rosa rugosa* in a Coastal Dune System. *Biol. Invasions*. 2007;9:31–42.
33. Koopman W.J.M., Wissemann V., de Cock K., Van Huylenbroeck J. et al. AFLP Markers as a Tool to Reconstruct Complex Relationships: A Case Study in *Rosa* (Rosaceae). *American Journal of Botany*. 2008;95(3):353–366.

### Сведения об авторах

**Сунгурова Наталья Рудольфовна**, д-р с.-х. наук, доцент, профессор кафедры ландшафтной архитектуры и искусственных лесов Высшей школы естественных наук и технологий, Федеральное государственное автономное научное учреждение высшего образования «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова»; 163002, Российская Федерация, г. Архангельск, ул. Набережная Северной Двины, 17; e-mail: n.sungurova@narfu.ru

**Страздаускене Светлана Рудольфовна**, аспирант кафедры ландшафтной архитектуры и искусственных лесов Высшей школы естественных наук и технологий, Федеральное государственное автономное научное учреждение высшего образования «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова»; 163002, Российская Федерация, г. Архангельск, ул. Набережная Северной Двины, 17; e-mail: svsun@bk.ru

**Стругова Галина Николаевна**, студент магистратуры Высшей школы естественных наук и технологий, Федеральное государственное автономное научное учреждение высшего образования «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова»; 163002, Российская Федерация, г. Архангельск, ул. Набережная Северной Двины, 17; e-mail: strugova.galina@yandex.ru

**Кузнецова Ирина Борисовна**, канд. с.-х. наук, доцент, доцент кафедры агрохимии, биологии и защиты растений, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение высшего образования «Костромская государственная сельскохозяйственная академия»; 156530, Костромская обл., Костромской р-н, пос. Караваяво, Учебный городок, 34; e-mail: sonneraiser@yandex.ru; тел.: (4942) 629–130

**Сахоненко Алексей Николаевич**, канд. биол. наук, доцент кафедры декоративного садоводства и газоноведения, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия имени К.А. Тимирязева»; 127434, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: sahonenko@rgau-msha.ru; тел.: (499) 976–05–45

**Просин Максим Валерьевич**, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры процессов и аппаратов перерабатывающих производств, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия имени К.А. Тимирязева»; 127434, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: prosinmv@yandex.ru; тел.: (499) 977–10–33

### Information about the authors

**Natalia R. Sungurova**, DSc (Agr), Associate Professor, Professor at the Department of Landscape Architecture and Artificial Forests, Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov (17 Naberezhnaya Severnoy Dviny St., Arkhangelsk, 163002, Russian Federation; e-mail: n.sungurova@narfu.ru)

**Svetlana R. Strazdauskene**, postgraduate student, Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov (17 Naberezhnaya Severnoy Dviny St., Arkhangelsk, 163002, Russian Federation; e-mail: svsun@bk.ru)

**Galina N. Strugova**, Master's Degree student of the Higher School of Natural Sciences and Technologies, Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov (17 Naberezhnaya Severnoy Dviny St., Arkhangelsk, 163002, Russian Federation; e-mail: strugova.galina@yandex.ru)

**Irina B. Kuznetsova**, CSc (Agr), Associate Professor, Associate Professor at the Department of Agrochemistry, Biology and Plant Protection, Kostroma State Agricultural Academy (34 Educational Campus, Karavaevo Vlg., Kostroma District, Kostroma Region, 156530, Russian Federation; phone: (4942) 62–91–30; e-mail: sonneraiser@yandex.ru)

**Aleksey N. Sakhonenko**, CSc (Biol), Associate Professor at the Department of Ornamental Horticulture and Lawn Science, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation; phone: (499) 976–05–45; e-mail: sahonenko@rgau-msha.ru)

**Maksim V. Prosin**, CSc (Tech), Associate Professor, Associate Professor at the Department of Processes and Equipment of Processing Industries, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation; phone: (499) 977–10–33; e-mail: prosinmv@yandex.ru)

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ УРОЖАЙНОСТИ СОРТОВ  
И ГИБРИДОВ СВЕКЛЫ СТОЛОВОЙ В УСЛОВИЯХ ПРИАМУРЬЯ

В.В. ЕПИФАНЦЕВ, П.В. ТИХОНЧУК, А.Н. ПАНАСЮК, А.А. МУРАТОВ

(ФГБОУ ВО Дальневосточный государственный аграрный университет)

В статье приведены результаты испытания сортов и гибридов свеклы столовой на полях КФХ С.Е.В. Благовещенского района Амурской области в 2015–2017 гг. Показано, что вегетационный период сортов и гибридов зависит на 11,3% от условий года, на 4,3...10,3% – от генотипа, а урожайность – на 26,05...49,69 и 16,12...17,69% соответственно. Корреляционная зависимость между урожайностью и вегетационным периодом – обратная средняя ( $r = -0,659$ ). Анализ структуры урожая показал, что урожайность товарных корнеплодов зависит от их массы и числа на единице площади. Статистический анализ продемонстрировал наличие прямой средней степени корреляции между урожайностью и массой товарного корнеплода ( $r = 0,568$ ) и обратной сильной ( $r = -0,728$ ) между урожайностью и числом корнеплодов. Полученные данные свидетельствуют о высоком потенциале продуктивности у сорта Бордо 237 и гибрида Цеппо  $F_1$  в среднем от 33,39 до 37,59 т/га. У всех сортов и гибридов – высокий выход товарных корнеплодов и хорошие вкусовые качества. Более ранние сорта больше накапливают в корнеплодах нитратов, у гибридов зарубежной селекции их больше, чем у отечественных.

**Ключевые слова:** свекла столовая, сорт, гибрид, вегетационный период, число, масса, корнеплоды, урожайность, корреляция.

## Введение

Свекла столовая – растение средиземноморского происхождения, семейства Маревые (*Chenopodiaceae*), рода *Beta vulgaris* L. Ее сорта были известны с IV в. до н.э. На Руси свеклу столовую начали выращивать в X–XI вв.н.э. Сведения о ее возделывании на территории Приамурья относятся к VII–VIII вв.н.э. [1]. В настоящее время площадь овощей открытого грунта в России составляет 511, 8 тыс. га, в том числе в Амурской области – 367,6 га. За последние 10 лет она снизилась в стране на 90,8 тыс. га, в области – на 305,4 га. В 2010 г. в РФ площадь посева свеклы столовой составляла 41 тыс. га, в 2020 г. – 33 тыс. га. Ее урожайность в 2010 г. составляла 18,6 т/га, в 2020 г. – 25,3 т/га, валовой сбор корнеплодов увеличился на 64 тыс. т [2].

В области площадь под свеклой столовой сократилась на 52 га, а урожайность увеличилась на 1,5 т/га и достигла 18,6 т/га [3]. Норма потребления овощей, утвержденная приказом Минздрава России от 1 декабря 2020 г. № 1276, составляет 140 кг на 1 чел. в год, в том числе свеклы столовой – 18 кг на 1 чел. в год [4, 5]. Фактически в стране в 2010 г. потребляли 98 кг/чел., в 2023 г. – 105 кг/чел., из них 5% приходилось на свеклу [6]. Самообеспеченность овощами в Амурской области в 2022 г. составляла 96 кг/чел., в 2025 г. планируется довести ее до 108 кг/чел. в год.

Корнеплоды свеклы столовой содержат 16...22% сухих веществ; 10...16% сахаров; 0,1% жира; 0,8% клетчатки; 1,3% азотистых веществ; 1% минеральных солей [7]. Особенно много в ней физиологически активных солей железа, натрия, калия, магния и фосфора. В свекле столовой содержится: витамина С – 9...32 мг%, витамина В<sub>1</sub> – 0,14 мг%, витамина В<sub>2</sub> – 0,04 мг%; РР – 0,4 мг% [8]. Ее окраска зависит от содержания бетаина (триметилглицина), которого в корнеплодах – 0,02...0,14% [9]. В медицине свеклу столовую рекомендуют для поддержания жизнедеятельности клеток печени, понижения кровяного давления и повышения прочности капиллярных сосудов, при гипертонии и отравлениях, пожилым людям, страдающим атеросклерозом. Ее используют для приготовления супов, борща, салатов и различных гарниров [10].

Для аграриев сорт является основным средством сельскохозяйственного производства. Это ведущий фактором повышения урожайности зерновых, картофеля, овощных и других культур [11–15]. Сейчас в реестр селекционных достижений РФ входит 181 сорт свеклы столовой [16]. При сортоиспытании исследователи часто берут в качестве стандарта допущенный к использованию на всей территории страны с 1943 г. сорт свеклы столовой Бордо 237 [10, 14, 15, 17, 18]. Его сравнивают с новыми зарубежными, местными сортами и гибридами. В одной почвенно-климатической зоне сорт может быть высокоурожайным, а в другой может не иметь таких преимуществ [17–20]. Прибавки урожайности свеклы столовой 11,3...22 т/га от внедрения нового сорта оцениваются как высокие [9, 15]. Благодаря работам селекционеров зерновые, овощные культуры и картофель продвинулись в северные и восточные районы нашей страны. Их стали возделывать на осушенных и торфяно-болотных почвах.

Санкции со стороны ЕС, США и других недружественных стран стимулируют импортозамещение. Они позволяют отказаться от импорта семян иностранной селекции и сконцентрироваться на создании новых высокоурожайных отечественных сортов свеклы столовой, которые будут отличаться высоким качеством и устойчивостью к болезням [4].

**Цель исследований:** установить закономерности и зависимость формирования урожайности от продолжительности вегетационного периода, числа, массы и товарности корнеплодов сортов и гибридов свеклы столовой в условиях Амурской области.

### Материал и методы исследований

Исследования в 2015–2017 гг. проводили на участке поля КФХ С.Е.В. Благовещенского района Амурской области. Тип почвы – аллювиальная дерновая, содержание гумуса – 4,8...6,2%, реакция почвенной среды – рН<sub>сол.</sub> 6,3...6,7 у.е. В пахотном слое (0–20 см) при плотности почвы 1,15...1,21 г/см<sup>3</sup> минерального азота в среднем было 114,8 кг/га, подвижного фосфора – 319,6 и обменного калия – 394,6 кг/га. Почва по водно-физическим и воздушным свойствам является пригодной для выращивания свеклы столовой.

Летний период 2015 г. характеризовался высокими температурами воздуха и относительным дефицитом осадков. В начале лета 2016 г. были низкие положительные температуры и большое количество осадков. Особенностью лета 2017 г. было превышение многолетних показаний среднесуточной температуры воздуха в июне и августе; осадков в июне было на 6 мм больше, а в июле и августе – на 42 и 4 мм меньше нормы (табл. 1).

Метод исследований – полевой опыт. Объект исследований – 3 сорта и 3 гетерозисных гибрида свеклы столовой, представленных в таблице 2. Предшественник – капуста. Основная обработка почвы – вспашка и боронование, весной – боронование, культивация с внесением удобрений N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>30</sub> кг/га д.в. и нарезка гребней шириной по основанию 70 см. Норма высева семян – 8...10 кг/га. Семена высевали по схеме (8 + 62) × 15 см

на глубину 3...4 см. Срок посева – 15 мая. Уход за посевами включал в себя культивацию, обработку гербицидом Миура, КЭ (д.в. 125 г/л Хизалофоп-П-этил, хим. кл. – прочие вещества); норма расхода – 0,4...0,8 л/га, прореживание в фазу 1–2 настоящих листьев и через 15...20 дней после него на расстояние 6...8 см. Для борьбы со свекловичной блошкой и мухой использовали Децис Профи, ВДГ (д.в. 250 г/кг Дельтаметрин, хим. кл. – пиритроиды), норма расхода – 0,03...0,04 кг/га. Уборку урожая проводили при достижении технической зрелости корнеплодов, товарные отбирали согласно ГОСТ 32285–2013. Площадь учетной делянки – 20 м<sup>2</sup>, посевной – 28 м<sup>2</sup>. Повторность 4-кратная. Размещение делянок – рендомизированное.

Таблица 1

**Погодные условия в период вегетации растений столовой свеклы  
(ГМС г. Благовещенка)**

Месяц	Температура воздуха, С°				Осадки, мм			
	2015 г.	2016 г.	2017 г.	многол.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	многол.
Май	11,6	13,4	14,2	12,4	51	85	41	42
Июнь	19,7	17,0	19,0	18,8	20	91	97	91
Июль	22,5	22,3	22,5	21,5	85	131	89	131
Август	21,4	19,4	19,9	19,2	184	83	121	125
Сентябрь	13,0	14,5	13,0	12,4	66	122	123	73
За сезон	17,6	17,3	17,7	16,9	406	512	471	462

Таблица 2

**Схема опыта и характеристика сортов и гибридов свеклы столовой**

Сорт	Страна	Оригинатор, правообладатель	Форма корнеплода	В реестре
Бордо 237, <i>st</i>	Россия	ФГБНУ ФНЦ Овощеводства, НИИССОК	Круглая и округло-плоская	1943 г.
Приморская 4	Россия	ФГБНУ ФНЦ Овощеводства, ФГБНУ «ПООС ВНИИО Россельхозакадемии»	Округлая	2015 г.
Цилиндра	Голландия, Россия	Royal SLUIS, ООО Агрофирма «Маринда», ООО «Интерсемя»	Цилиндрическая	1998 г.
Цеппо F <sub>1</sub> , <i>st</i>	Голландия	Rijk Zwaan Zaadteelt en ZAADHANDEL B.V.	Округлая	2011 г.
Ажур F <sub>1</sub>	Россия	ООО «Седек»	Округлая	2018 г.
Монти F <sub>1</sub>	Голландия	Rijk Zwaan Zaadteelt en ZAADHANDEL B.V.	Округлая	2014 г.

Опыту сопутствовали фенологические наблюдения, учет густоты насаждений (после всходов и перед уборкой), биометрические учеты (число, масса корнеплодов). Нитраты определяли ион-селективным электродом; методики описаны в работах А.И. Ермакова (1972) и В.П. Крищенко (1984). Математическую обработку данных производили по методике Б.А. Доспехова (1985).

### Результаты и их обсуждение

В зависимости от условий года, сорта и гибрида всходы свеклы столовой появлялись через 8...16 суток после посева. Эта фаза «вилочки» длилась в течение 6–10 суток, после чего начинали расти настоящие листья. Быстрое нарастание листьев и корней у всех изучаемых сортов и гибридов наблюдали в конце июля. Наибольший вегетационный период в 2017 г. имел из сортов сорт Приморская 4, а из гибридов – Ажур F<sub>1</sub>. В среднем изучаемые сорта имели вегетационный период на уровне стандарта – Бордо 237. Гибрид Монти F<sub>1</sub> по сроку наступления хозяйственной зрелости соответствовал стандарту Цеппо F<sub>1</sub>, а гибрид Ажур F<sub>1</sub> достигал этой зрелости на 10 суток позже (рис. 1).

По продолжительности вегетационного периода все изучаемые сорта и гибриды можно отнести к группе ранних. Гибриды Цеппо F<sub>1</sub> и Монти F<sub>1</sub> имели одинаковый с сортами Приморская 4 и Цилиндра вегетационный период – 81 сутки. У сорта Бордо 237 он был на одни сутки больше, у гибрида Ажур F<sub>1</sub> – на 10 суток больше. За время исследований сорта имели относительно стабильный вегетационный период, чем гибриды. Их вегетационный период на 11,3% зависел от условий года и на 4,3...10,3% – от генотипа. Между продолжительностью вегетационного периода изучаемых сортов и гибридов и средней сезонной температурой воздуха корреляционная зависимость слабая положительная:  $r = 0,072$ ), вид уравнения линейной регрессии:  $Y = 0,156X + 4,693$ . Корреляционная зависимость между вегетационным периодом сортов и гибридов и суммой выпавших осадков за сезон – отрицательная слабая:  $r = -0,385$ ; уравнение – соответственно  $Y = 0,067X + 457,5$ .

Высокую урожайность гибрид Цеппо F<sub>1</sub> показал в 2015 и 2017 гг., но уступал стандарту сорту Бордо 237 на 9,03 т/га, или на 30,2%, в 2016 г. В среднем за время исследований сорта Цилиндра и Приморская 4 по урожайности уступали стандарту в 1,01 и 1,16 раза. Гибриды Монти, F<sub>1</sub> и Ажур F<sub>1</sub> уступали стандарту Цеппо F<sub>1</sub> в 1,17 и 1,4 раза. Наибольшим размах варьирования (*R*) между изучаемыми сортами и гибридами свеклы столовой по урожайности был в 2017 г., а наименьшим – в 2016 г. Изменчивость продуктивности сортов и гибридов свеклы столовой в 2015 г. и 2017 г. была значительной, коэффициент вариации составил 30,7 и 23,4%, а в 2016 г. и в среднем за время эксперимента изменчивость была средней, соответственно коэффициент вариации составлял 18,5 и 16,9% (табл. 3).

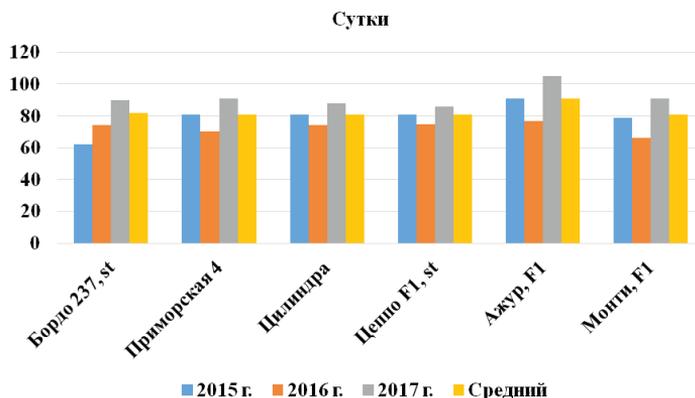


Рис. 1. Вегетационный период сортов и гибридов столовой свеклы

## Урожайность сортов и гибридов свеклы столовой

Сорт	Урожайность, т/га				Прибавка урожайности	
	2015 г.	2016 г.	2017 г.	средняя	т/га	%
Бордо 237, <i>st</i>	27,48	29,85	42,83	33,39	-	-
Приморская 4	21,46	23,36	41,82	28,88	-4,51	-13,51
Цилиндра	23,55	23,19	49,74	32,93	-0,56	-1,68
Цеппо F <sub>1</sub> , <i>st</i>	30,03	20,83	51,90	37,59	-	-
Ажур F <sub>1</sub>	15,52	25,32	39,53	26,79	-10,8	-28,73
Монти, F <sub>1</sub>	23,67	21,82	51,03	32,17	-5,42	-14,42
Средняя	23,62	24,39	47,81	31,94	-	-
R, т/га	14,51	9,02	22,37	10,80	-	-
V, %	30,7	18,5	23,4	16,9	-	-
P, %	1,95	0,79	4,17	-	-	-
r <sub>01</sub> , у.е.	0,29	0,56	0,49	-	-	-
r <sub>05</sub> , у.е.	0,52	0,22	0,32	-	-	-
η <sub>ух</sub> , у.е.	0,97	0,98	0,98	-	-	-
F <sub>ф</sub> , у.е.	219,13	211,08	128,39	-	-	-
D <sub>ф</sub> , у.е.	2,21	1,42	4,59	-	-	-
НСР <sub>05</sub> , т/га	1,02	0,66	2,12	-	-	-

За время экспериментов фактическое значение критерия  $r_{\text{факт}}$  (тау) на уровнях значимости 0,01 и 0,05 было  $r_{\text{факт}} < r_{\text{теор}}$ , на 0,241...0,507 и 0,166...0,469 у.е. меньше, значит, основания для браковки опыта отсутствовали. По критерию  $\chi^2$  нулевая гипотеза отвергается  $\chi^2_{\text{факт}} > \chi^2_{05}$ , фактическое значение больше предельного  $\chi^2_{05} = 4,35$  и превышает его по годам в 3716,3; 34355,2; 3678,1 раза. Оценка существенности разности ( $D_{05} = 4,6$ ) на 5%-ном уровне в проведенном эксперименте по критерию Тьюки  $D_{\text{ф}}$  показала существенные различия  $d > D$ . Относительная ошибка ( $P$ ) в годы исследований была в пределах «точности опыта». В опытах есть существенные различия между вариантами, и  $H_0 = 0$  отвергается ( $F_{\text{ф}} > F_{05}$ ). В 2015 г. сорта Цилиндра и Приморская 4 существенно (на 3,93...6,02 т/га), или на 14,3...21,91%, уступали сорту стандарту Бордо 237 – III группа. Гибриды Монти F<sub>1</sub> и Ажур F<sub>1</sub> уступали гибриду-стандарту Цеппо F<sub>1</sub> на 6,36 и 14,51 т/га, или на 21,18 и 48,32%, – III группа. В 2016 г. изучаемые сорта по урожайности существенно уступали стандарту на 21,74...22,31% (III группа). Гибрид Ажур F<sub>1</sub> существенно превосходил (на 4,49 т/га, или на 21,56%) – I группа, а гибрид Монти F<sub>1</sub> превосходил несущественно: на 0,99 т/га, или на 4,75% (II группа)

гибрид-стандарт. В 2017 г. сорт Цилиндра на 6,91 т/га, или на 16,13%, существенно превышал (I группа), а сорт Приморская уступал несущественно: на 1,01 т/га, или на 2,36% (II группа), стандарту. Гибрид Монти F<sub>1</sub> на 0,83 т/га, или на 1,68%, уступал несущественно (II группа), а гибрид Ажур F<sub>1</sub> уступал гибриду-стандарту Цеппо F<sub>1</sub> существенно: на 11,37 т/га, или на 21,91% (III группа).

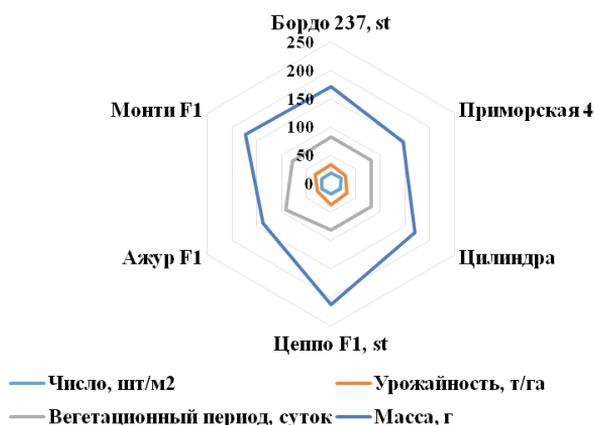
Индекс детерминации ( $\eta_{yx}$ ) показал, что в проведенных исследованиях выявлена сильная функциональная зависимость признака  $Y$  от  $X$ . Урожайность на 26,05...49,69% зависела от условий года и на 16,12...17,69% – от генотипа.

Между урожайностью сортов и гибридов и сезонной температурой корреляционная зависимость является прямой средней ( $r = 0,633$ ), уравнение регрессии имеет вид:  $Y = 0,009X + 17,25$ . Корреляционная зависимость между урожайностью сортов и гибридов и суммой осадков – слабая прямая ( $r = 0,157$ ) и представлена уравнением регрессии  $Y = 0,612X + 5694,5$ . Зависимость между урожайностью и вегетационным периодом сортов и гибридов свеклы столовой обратная средняя ( $r = -0,659$ ) и представлена уравнением  $Y = 115,45 - 0,75X$ . Кривые, иллюстрирующие эти зависимости, – типа параболы с вершинами по температуре 17,32 °С, сумме осадков 512 мм и вегетационному периоду 79 суток.

Наименьшее число товарных корнеплодов было на делянках гибрида стандарта Цеппо F<sub>1</sub>, несколько больше (на 0,8 шт.) в пересчете на 1 м<sup>2</sup> – у гибрида Монти F<sub>1</sub> и на 1,6 шт. больше у гибрида Ажур F<sub>1</sub>. У сортов их насчитывалось от 19,3 (Цилиндра) до 19,7 шт/м<sup>2</sup> (Приморская 4) или почти столько же, как у стандарта (Бордо 237), – 19,6 шт/м<sup>2</sup>.

Различия между сортами и гибридами по средней массе корнеплода были более значительными. Так, наибольшую массу сформировали корнеплоды гибрида Цеппо (211,6 г), в 1,53 раза меньше они были у гибрида Ажур F<sub>1</sub> и в 1,22 раза меньше у гибрида Монти F<sub>1</sub>. На уровне контроля Бордо 237 (170,3 г) масса корнеплодов была у сорта Цилиндра (170 г), а сорт Приморская 4 уступал стандарту на 24 г.

Между урожайностью сортов и гибридов свеклы столовой и средней массой товарного корнеплода корреляционная зависимость является прямой средней ( $r = 0,568$ ), уравнение линейной регрессии имеет вид:  $Y = 3,87X + 44,64$ . Корреляционная зависимость между урожайностью и числом корнеплодов – обратная сильная ( $r = -0,728$ ), уравнение имеет вид:  $Y = 25,53 - 0,14X$ . Зависимости, иллюстрирующие взаимосвязи вегетационного периода, урожайности, числа и массы корнеплодов представлены на рисунке 2.



**Рис. 2.** Зависимость урожайности сортов и гибридов столовой свеклы от вегетационного периода, числа и массы корнеплодов, 2015–2017 гг.

Размах варьирования ( $R$ ) между изучаемыми сортами и гибридами свеклы столовой по количеству корнеплодов, соответствующих стандарту, составлял 3,4%. Связь между урожайностью и товарностью корнеплодов – прямая слабая ( $r = 0,291$ ), уравнение имеет вид:  $Y = 0,104X + 86,721$ . У всех сортов и гибридов корнеплоды имели высокие вкусовые качества. В корнеплодах гибридов зарубежной селекции нитратов накапливалась на 73...224 мг/кг больше, чем в отечественных сортах. Чем короче у сорта и гибрида вегетационный период, тем больше нитратов накапливают его корнеплоды (табл. 4).

Изменчивость качества корнеплодов по товарности и вкусу считается незначительной, а по накоплению нитратов – средней. Коэффициент вариации по всем группам нетоварных корнеплодов был значительным.

Таблица 4

**Качество корнеплодов сортов и гибридов столовой свеклы, 2015–2017 гг.**

Сорт	Товарные			Нетоварные, % от массы		
	% от массы	вкус, балл	нитраты, мг/кг	мелкие	уродливые	больные
Бордо 237, <i>st</i>	89,7	4,6	946	8,6	1,4	0,3
Приморская 4	89,1	4,9	1034	9,2	0,9	0,8
Цилиндра	89,3	5,0	1012	9,8	0,3	0,6
Цеппо $F_1$ , <i>st</i>	88,8	4,9	1107	8,5	2,1	0,6
Ажур $F_1$	92,2	4,7	903	6,1	1,2	0,5
Монти $F_1$	91,2	4,8	1127	7,7	0,4	0,7
Средняя	90,1	4,8	1022	8,3	1,1	0,6
V, %	2,39	4,17	11,59	26,51	100	48,28

**Выводы**

В метеорологических условиях 2015–2017 гг. Амурской области вегетационный период сортов и гибридов свеклы столовой длился от 66 до 105 суток. У сортов он был более стабильным, чем у гибридов, зависел на 11,3% от условий года и на 4,3...10,3% – от генотипа. Между вегетационным периодом сортов и гибридов и средней сезонной температурой корреляционная зависимость – слабая положительная ( $r = 0,072$ ), а между суммой осадков – слабая отрицательная ( $r = -0,385$ ). Урожайность товарных корнеплодов варьировала от 15,52 т/га у гибрида Ажур  $F_1$  до 61,9 т/га у гибрида Цеппо  $F_1$ . Достоверные различия между сортами и гибридами отмечали во все годы исследований ( $F_{\phi} > F_{05}$ ). В среднем гибрид Цеппо  $F_1$  существенно превосходил гибрид Монти  $F_1$  на 5,42 т/га, или на 14,4%, а гибрид Ажур  $F_1$  – на 10,8 т/га, или на 28,73%. Сорт стандарт Бордо 237 на 0,56 т/га, или на 1,68%, является более урожайным по сравнению с сортом Цилиндра и на 4,81 т/га, или на 13,51%, более продуктивным, чем сорт Приморская 4.

Урожайность корнеплодов свеклы столовой на 26,05...49,69% зависела от условий года и на 16,12...17,69% – от генотипа. Между урожайностью сортов и гибридов и температурой корреляционная зависимость – прямая средняя ( $r = 0,633$ ), между

урожайностью и суммой осадков – слабая прямая ( $r = 0,157$ ), а между урожайностью и вегетационным периодом – обратная средняя ( $r = -0,659$ ). Между урожайностью и средней массой товарного корнеплода корреляционная зависимость является прямой средней ( $r = 0,568$ ), между урожайностью и числом корнеплодов – обратной сильной ( $r = -0,728$ ). Все сорта и гибриды формировали корнеплоды с высокими вкусовыми качествами. В корнеплодах гибридов зарубежной селекции нитратов накапливалось на 73...224 мг/кг больше, чем в отечественных сортах. У более ранних сортов и гибридов свеклы столовой в корнеплодах больше накапливается нитратов.

### Библиографический список

1. Сакара Н.А., Леунов В.И., Сухомиров Г.И., Тарасова Т.С., Оздобихин В.И. Развитие овощеводства Дальнего Востока России в историческом и научно-производственном аспектах // Аграрный вестник Приморья. – 2021. – № 4 (24). – С. 18–29. – URL: [https://vestnik.primacad.ru/images/files/arhiv\\_nomerov/%D0%90%D0](https://vestnik.primacad.ru/images/files/arhiv_nomerov/%D0%90%D0) (дата обращения: 30.01.2024).
2. Королькова А.П., Кузнецова Н.А., Иванова М.И., Шатилов М.И., Ирклов И.И., Ильина А.В., Кузьмин В.Н., Маринченко Т.Е. Экономические аспекты развития овощеводства России: монография. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2021. – 204 с. – URL: <http://vniioh.ru/wp-c%ysclid=lrzwykrskq36751> (дата обращения: 30.01.2024).
3. Какаулин О.Г., Левченко Н.А., Пакулова Л.Б., Панова Е.А., Ремехова И.К., Рябчинская М.А., Решетова Е.О. Амурский статистический ежегодник 2022. – Благовещенск: Амурстат, 2022. – 372 с. – URL: <https://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/%D0%A1%/832.pdf> (дата обращения: 30.01.2024).
4. Тимакова Л.Н., Сурихина Т.Н. Анализ производства свеклы столовой в России // Картофель и овощи. – 2022. – № 9. – С. 20–23. – URL: <http://potatoveg.ru/wp-content/uploads/2023/10/%D0%90%D0%BB8.pdf> (дата обращения: 30.01.2024).
5. Киселёва Т.С., Рзаева В.В. Изменение урожайности свеклы при использовании агрохимикатов // Известия Дагестанского ГАУ. – 2023. – Вып. 4 (20). – С. 48–51. – URL: [https://ej-daggau.ru/documents//2023/izvestia\\_ann\\_4\\_2023.pdf](https://ej-daggau.ru/documents//2023/izvestia_ann_4_2023.pdf) (дата обращения: 30.01.2024).
6. Разин А.Ф., Шатилов М.В., Мещерякова Р.А., Сурихина Т.Н., Разин О.А., Телегина Г.А. Овощи борщевой группы в России // Картофель и овощи. – 2019. – № 10. – С. 10–13. – URL: <http://potatoveg.ru/ovoshborshhevoj-gruppy-v-rossii.html> (дата обращения: 30.01.2024).
7. Корытин С.С. Сорта и гибриды компании «ПОЙСК» для товарного овощеводства России // Картофель и овощи. – 2023. – № 11. – С. 12–15. – URL: [https://dzen.ru/a/ZVx\\_n4l-lDm0L\\_J-](https://dzen.ru/a/ZVx_n4l-lDm0L_J-) (дата обращения: 30.01.2024).
8. Коломейцев А.В., Мистратова Н.А., Янова М.А., Потехин А.А. Оценка качества свеклы столовой, произведенной с учетом принципов и требований органического сельского хозяйства // Вестник КрасГАУ. – 2019. – № 1. – С. 69–73. – URL: [http://www.kgau.ru/vestnik/2019\\_1/content/12.pdf?yscli559203163](http://www.kgau.ru/vestnik/2019_1/content/12.pdf?yscli559203163) (дата обращения: 30.01.2024).
9. Фильрозе Н.А., Борисов В.А., Янченко Е.В., Бебрис А.Р. Эффективность применения биокомпоста и минеральных удобрений под перспективные сорта и гибриды свеклы столовой // Картофель и овощи. – 2023. – № 1. – С. 16–19. – URL: <http://potatoveg.ru/ovoshhevodstvo/effektiv-svekly-stolovoj.html> (дата обращения: 30.01.2024).
10. Ветрова С.А., Степанов В.А., Заячковский В.А. Экологическое испытание сортов свеклы столовой селекции ФГБНУ ФНЦО // Овощи России. – 2023. – № 1. – С. 60–68. – URL: <https://www.vegetables.su/jour/article/download/2116/1434> (дата обращения: 30.01.2024).
11. Muratov A.A., Epifantsev V.V., Tikhonchuk P.V. Competitiveness of triticale among spring crops of the Amur region // International Scientific Conference «Fundamental and Applied Scientific Research in the Development of Agriculture in the Far East»

(AFE-2022). – 2023. – P. 01082. – URL: [https://www.e3s-conferences.org/aabs/2023/08/e3s-conf\\_afe2023\\_01082/e3sconf\\_afe2023\\_01082.html](https://www.e3s-conferences.org/aabs/2023/08/e3s-conf_afe2023_01082/e3sconf_afe2023_01082.html) (дата обращения: 30.01.2024).

12. *Muratov A.A., Epifantsev V.V., Tuaeve E.V.* Triticale potential model in the Amur region // International Scientific and Practical Conference «Development and Modern Problems of Aquaculture» (AQUACULTURE2022). EDP Sciences. – 2023. – P. 01105. – URL: [https://www.e3s/20232023\\_01105/e3sconf\\_aquaculture2023\\_01105.html](https://www.e3s/20232023_01105/e3sconf_aquaculture2023_01105.html) (дата обращения: 30.01.2024).

13. *Задворнев В.А., Порсев И.Н., Половникова В.В., Гуценская Н.Д.* Роль сорта и защитных мероприятий при возделывании картофеля в Зауралье // Вестник Курганской ГСХА. – 2022. – № 1 (41). – С. 12–18. – URL: <https://proceedings133-138> (дата обращения: 30.01.2024).

14. *Борисов В.А., Фильрозе Н.А., Соколова Л.М., Корнев А.В.* Перспективные сорта и гибриды свеклы столовой для длительного хранения // Картофель и овощи. – 2019. – № 4. – С. 23–25. – URL: <https://www.vegetables.su/jour/article/view/967> (дата обращения: 30.01.2024).

15. *Тимакова Л.Н., Борисов В.А., Фильрозе Н.А.* Перспективные сорта свеклы столовой на различных фонах минерального питания // Картофель и овощи. – 2020. – № 4. – С. 11–13. – URL: <http://potatoveg.ru/wp-content/uploads/2020/04/%D1%81%D0%BE%D1%80%D1%82%BB%D1%8B.pdf> (дата обращения: 30.01.2024).

16. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию: Официальное издание. – Т. 1. Сорта растений. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2023. – 631 с. – URL: <https://rosinformagrotech.ru/da0osg641071730> (дата обращения: 30.01.2024).

17. *Сакара Н.А., Леунов В.И., Тарасова Т.С., Николаев В.А.* Столовая свекла в овощекартофельных севооборотах на юге Дальнего Востока России // Картофель и овощи. – 2021. – № 4. – С. 17–21. – URL: <https://i.uran.ru/webcab/system/files/journalspdf/kartovoshchi-2021-n-4/kartiov4.pdf> (дата обращения: 30.01.2024).

18. *Халимбеков А.Ш., Курбанов С.А., Магомедова Д.С.* Столовая свекла в Республике Дагестан // Картофель и овощи. – 2021. – № 12. – С. 20–22. – URL: <http://potatoveg.ru/wp-content/uploads/2022/12/%D0%A1%D1%82%D0BD.pdf> (дата обращения: 30.01.2024).

19. *Кукса Л.А., Ховрин А.Н., Тимакова Л.Н.* Летние посевы свеклы столовой на юге России // Картофель и овощи. – 2019. – № 11. – С. 18–19. – URL: <https://potatoveg.ru/wp-content/uploads/2019/11/%D0%9B%D0%B5%B9.pdf> (дата обращения: 30.01.2024).

20. *Порсев И.Н., Немирова Н.А., Словова М.В.* Значение сортов, минеральных удобрений и биопрепаратов в фитосанитарной технологии возделывания моркови в Южном Зауралье // Вестник Курганской ГСХА. – 2023. – № 3 (47). – С. 3–12. – URL: <https://dspace.kgsu.ru/xmlui/handle/123456789/5946/browse?valD1type=author> (дата обращения: 30.01.2024).

## REGULARITIES OF YIELD FORMATION OF TABLE BEET VARIETIES AND HYBRIDS IN THE CONDITIONS OF THE AMUR REGION

V.V. EPIFANTSEV, P.V. TIKHONCHUK, A.N. PANASYUK, A.A. MURATOV

(Far Eastern State Agrarian University)

*The article presents the results of testing of table beet varieties and hybrids in the fields of farm private enterprise “S.E.V.” (Blagoveshchensk district, Amur region) in 2015–2017. It was shown that the growing season of varieties and hybrids depended on the conditions of the year by 11.3% and on the genotype by 4.3% to 10.3%, and the yield*

by 26.05% to 49.69% and 16.12% to 17.69%, respectively. The correlation between yield and growing season is inverse mean  $r = -0.659$ . Yield structure analysis showed that the yield of marketable root crops depended on their weight and number per unit area. Statistical analysis showed a direct mean correlation between the yield and the mass of marketable root crops  $r = 0.568$  and an inverse strong correlation  $r = -0.728$  between the yield and the number of root crops. The data obtained indicated a high productivity potential for the Bordo 237 varieties and the Tseppo  $F_1$  hybrid, with average yields ranging from 33.39 t/ha to 37.59 t/ha. All varieties and the hybrid have high yields of marketable root crops and good taste. Earlier varieties accumulate more nitrate in root crops, and hybrids of foreign selection have more nitrate than domestic ones.

**Keywords:** table beet, variety, hybrid, growing season, number, weight, root crops, yield, correlation.

## References

1. Sakara N.A., Leunov V.I., Sukhomirov G.I., Tarasova T.S., Oznobikhin V.I. History and prospects for the development of vegetables in the Far East of Russia. *Agrarian Newsletter of Primoriye*. 2021;4(24):18–29. (In Russ.)
2. Korol'kova A.P., Kuznetsova N.A., Ivanova M.I., Shatilov M.I. et al. *Economic aspects of the development of vegetable growing in Russia*. Moscow, Russia: Rosinformagrotekh, 2021:204. (In Russ.)
3. Kakaulin O.G., Levchenko N.A., Pakulova L.B., Panova E.A. *Amur Statistical Yearbook 2022*. Blagoveshchensk, Russia: Amurstat, 2022:372. (In Russ.)
4. Timakova L.N., Surikhina T.N. Analysis of table beet production in Russia. *Potato and Vegetables*. 2022;9:20–23. (In Russ.)
5. Kiseleva T.S., Rzayeva V.V. Changing beet yields when using agrochemicals. *Izvestiya Dagestanskogo GAU*. 2023; 4(20):48–51. (In Russ.)
6. Razin A.F., Shatilov M.V., Meshcheryakova R.A., Surikhina T.N. et al. Borscht vegetables in Russia. *Potato and Vegetables*. 2019;10:10–13. (In Russ.)
7. Korytin S.S. Varieties and hybrids of the POISK company for commercial vegetable growing in Russia. *Potato and Vegetables*. 2023;11:12–15. (In Russ.)
8. Kolomeytshev A.V., Mistratova N.A., Yanova M.A., Potekhin A.A. The evaluation of the quality of beetroot produced in accordance with the principles and requirements of organic agriculture. *Bulletin of KSAU*. 2019;1:69–73. (In Russ.)
9. Filrose N.A., Borisov V.A., Yanchenko E.V., Bebris A.R. The effectiveness of the use of biocompost and mineral fertilizers for promising varieties and hybrids of table beet. *Potato and Vegetables*. 2023;1:6–19. (In Russ.)
10. Vetrova S.A., Stepanov V.A., Zayachkovsky V.A. Ecological testing of varieties beetroot selection of FSBSI FSVC. *Vegetable Crops of Russia*. 2023;(1):60–68. (In Russ.)
11. Muratov A.A., Epifantsev V.V., Tikhonchuk P.V. Competitiveness of triticale among spring crops of the Amur region. *International Scientific Conference "Fundamental and Applied Scientific Research in the Development of Agriculture in the Far East" (AFE-2022). January 25–28, 2023*. EDP Sciences, 2023:01082.
12. Muratov A.A., Epifantsev V.V., Tuaeva E.V. Triticale potential model in the Amur region. *International Scientific and Practical Conference "Development and Modern Problems of Aquaculture" (AQUACULTURE2022). September 26 – October 02, 2022*. EDP Sciences, 2023:01105.
13. Zadvornev V.A., Porsev I.N., Polovnikova V.V., Gushchenskaya N.D. The role of varieties and protective measures in potato cultivation in the Trans-Urals. *Vestnik Kurganskoj GSKhA*. 2022;1(41):12–18. (In Russ.)

14. Borisov V.A., Filrose N.A., Sokolova L.M., Kornev A.V. promising varieties and hybrids of beet canteen for long-term storage. *Potato and Vegetables*. 2019;4:23–25. (In Russ.)
15. Timakova L.N., Borisov V.A., Filrose N.A. Promising varieties of beets on various backgrounds of mineral nutrition. *Potato and Vegetables*. 2020;4:11–13. (In Russ.)
16. *State Register for Selection Achievements Admitted for Usage* (National List). Vol. 1 “Plant varieties” (official publication). Moscow, Russia: Rosinformagrotekh, 2023:631. (In Russ.)
17. Sakara N.A., Leunov V.I., Tarasova T.S., Nikolaev V.A. The table beet in vegetable potato crop rotations in the south of the Far East of Russia. *Potato and Vegetables*. 2021;4:17–21. (In Russ.)
18. Khalimbekov A.Sh., Kurbanov S.A., Magomedova D.S. Red beet in the Republic of Dagestan. *Potato and Vegetables*. 2021;12:20–22. (In Russ.)
19. Kuksa L.A., Khovrin A.N., Timakova L.N. Summer crops of red beet in the south of Russia. *Potato and Vegetables*. 2019;11:1819. (In Russ.)
20. Porsev I.N., Nemirova N.A., Slotsova M.V. The importance of varieties, mineral fertilizers and biological products in the phytosanitary technology of carrot cultivation in the Southern Trans-Urals. *Vestnik Kurganskoy GSKhA*. 2023;3(47):3–12. (In Russ.)

### Сведения об авторах

**Елифанцев Виктор Владимирович**, д-р с.-х. наук, профессор, ведущий научный сотрудник научно-исследовательской части, ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ; 675005, Россия, г. Благовещенск, ул. Политехническая, 86; e-mail: viktor.iepifantsiev.59@mail.ru; тел.: (963) 805–57–22

**Тихончук Павел Викторович**, д-р с.-х. наук, профессор, ректор ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ; 675005, Россия, г. Благовещенск, ул. Политехническая, 86; e-mail: pector@dalgau.ru; тел.: (914) 556–37–54

**Панасюк Александр Николаевич**, д-р техн. наук, профессор, член-корреспондент РАН, профессор кафедры электроэнергетики и электроники, ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ; 675005, Россия, г. Благовещенск, ул. Политехническая, 86; e-mail: alex28rus@list.ru; тел.: (914) 550–10–00

**Муратов Алексей Александрович**, канд. с.-х. наук, доцент, начальник научно-исследовательской части, ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ; 675005, Россия, г. Благовещенск, ул. Политехническая, 86; e-mail: nic\_dalgau@mail.ru; тел.: (963) 809–29–18

### Information about the authors

**Viktor V. Epifantsev**, DSc (Agr), Professor, Leading Research Associate at the Research Department, Far Eastern State Agrarian University (86 Politekhnikeskaya St., Blagoveshchensk, 675005, Russian Federation; e-mail: viktor.iepifantsiev.59@mail.ru)

**Pavel V. Tikhonchuk**, DSc (Agr), Professor, Rector of Far Eastern State Agrarian University (86 Politekhnikeskaya St., Blagoveshchensk, 675005, Russian Federation; e-mail: pector@dalgau.ru)

**Aleksandr N. Panasyuk**, DSc (Eng), Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Professor at the Department of Electrical Power and Electronics, Far Eastern State Agrarian University (86 Politekhnikeskaya St., Blagoveshchensk, 675005, Russian Federation; e-mail: alex28rus@list.ru)

**Aleksey A. Muratov**, CSc (Agr), Associate Professor, Head of the Research Department, Far Eastern State Agrarian University (86 Politekhnikeskaya St., Blagoveshchensk, 675005, Russian Federation; e-mail: nic\_dalgau@mail.ru)

## СОЗДАНИЕ НОВОГО СЕЛЕКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОРТОВ ВЕНГЕРСКОЙ СЕЛЕКЦИИ ДЛЯ ЦЕНТРАЛЬНОГО РЕГИОНА РФ

И.Ф. ЛАПОЧКИНА<sup>1</sup>, И.Ю. МАКАРОВА<sup>1</sup>, Н.А. ЯШИНА<sup>1</sup>, М.Д. МЕТТ<sup>1,4</sup>,  
Н.Р. ГАЙНУЛЛИН<sup>1</sup>, М.А. КУЗЬМИЧ<sup>1</sup>, И.В. ГРУЗДЕВ<sup>2</sup>, Г.В. ВОЛКОВА<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Федеральный исследовательский центр «Немчиновка»;

<sup>2</sup>Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной биотехнологии;

<sup>3</sup>Федеральный научный центр биологической защиты растений;

<sup>4</sup>Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева)

*Целью исследований явилось создание нового селекционного материала, сочетающего в себе устойчивость к основным вредоносным заболеваниям с высоким потенциалом урожайности и хорошими хлебопекарными качествами зерна. В качестве родительских компонентов скрещивания выбраны продуктивные, хорошо зимующие и адаптированные к возделыванию в Центральном регионе РФ сорта озимой пшеницы селекции ФИЦ «Немчиновка» и продуктивные короткостебельные сорта венгерской селекции, обладающие устойчивостью к европейским популяциям ржавчинных грибов, мучнистой росе, фузариозу и листовым пятнистостям. От таких скрещиваний получены рекомбинантные продуктивные линии озимой пшеницы, сочетающие хорошую зимостойкость с короткостебельностью, скороспелостью, высоким качеством зерна и групповой устойчивостью к грибным болезням. Выделенные линии (Немчиновская 57 × Nador), (Nador × Памяти Федина), (Lucilla × Немчиновская 24), (Vojtar × Немчиновская 24), (Немчиновская 57 × Nador) проходят тестирование в конкурсном сортоиспытании и размножении.*

**Ключевые слова:** пшеница озимая, продуктивность, скороспелость, короткостебельность, устойчивость к болезням, бурая, желтая, стеблевая ржавчина, желтая пятнистость листьев, качество зерна.

### Введение

По данным Росстата, за последние 13 лет в Российской Федерации отмечается рост производства зерна озимой пшеницы: с 27,9 млн т в 2010 г. до 98,8 млн т в 2023 г. Этот рывок осуществлен, в том числе, благодаря современным сортам мягкой пшеницы, созданным в ведущих селекционных центрах страны. Сорта пшеницы озимой в Центральном регионе в благоприятные годы при интенсивной технологии выращивания дают урожай более 10 т/га. Дальнейший прогресс в селекции этой культуры в Нечерноземной зоне может быть связан с повышением устойчивости сортов к абиотическим (устойчивость к полеганию под влиянием обильных осадков с порывами ветра в период налива зерна, устойчивость к прорастанию зерна на корню) и биотическим стрессам. В Центральном районе Нечерноземной зоны России это септориоз, листовые пятнистости, мучнистая роса и бурая ржавчина. Целенаправленная работа по созданию сортов с групповой устойчивостью к этим европейским популяциям патогенов ведется в Центре сельскохозяйственных исследований Венгерской академии наук (г. Мартонвашар). Логично было использовать сорта пшеницы озимой этого учреждения для повышения генетического разнообразия сортов, выводимых для Центрального региона РФ.

**Цель исследований:** создание новых прототипов сортов, сочетающих в себе устойчивость к основным вредоносным заболеваниям с высоким потенциалом урожайности и хорошими хлебопекарными качествами зерна.

Привлечение в гибридизацию материала другого эколого-географического происхождения: продуктивных, короткостебельных сортов венгерской селекции, обладающих устойчивостью к европейским популяциям ржавчинных грибов, мучнистой росы, фузариозу и листовым пятнистостям, – помогло бы решить задачи поставленной цели.

### Материал и методы исследований

Объектом исследований служили поздние комбинации линий озимой мягкой пшеницы, отобранные по комплексу хозяйственно-ценных признаков, от скрещиваний 6 сортов селекции лаборатории озимой пшеницы ФИЦ «Немчиновка», адаптированных для возделывания в Центральном регионе РФ: Памяти Федины, Немчиновская 17, Немчиновская 24, Немчиновская 57, Московская 39 и Московская 56 (далее в таблицах – ПФ, Н-17, Н-24, Н-57, М-39, М-56) и 5 сортов пшеницы озимой: Nador, Ikva, Wojtar, Lucilla, Karizma, полученных из Венгрии.

Краткая характеристика сортов мягкой озимой пшеницы селекции ФИЦ «Немчиновка» [6]:

Памяти Федины – сорт среднеспелый, короткостебельный (около 90 см), высокоустойчивый к полеганию. По зимостойкости не уступает стандартным сортам. Масса 1000 зерен составляет 38–45 г. Максимальная урожайность – 9,4 т/га. Хлебопекарные качества – удовлетворительные. Содержание белка – 12,4%, сырой клейковины – 28,9%, сила муки – 213 е.а., объемный выход хлеба – 970 см<sup>3</sup>. Сорт устойчив к твердой головне и желтой ржавчине, обладает полевой устойчивостью к мучнистой росе.

Немчиновская 17 – сорт, устойчивый к полеганию, высота растений составляет 75–80 см, зимостойкость – на уровне 95–97%. Масса 1000 зерен – 46–48 г, содержание белка в зерне – 13,8–14,9%, содержание клейковины – до 30%. Сорт не поражается бурой ржавчиной, обладает полевой устойчивостью к мучнистой росе, септориозу и фузариозу. По базовой технологии возделывания дает 7–8 т/га.

Немчиновская 24 – сорт интенсивного типа, высота растений – 80–85 см, зимостойкость средняя, масса 1000 зерен – 46–48 г, содержание белка в зерне – 13–14%, содержание клейковины – до 24–30%. Сорт устойчив к твердой головне, бурой ржавчине (*Lr9* и *Lr46*) и мучнистой росе. Базовая технология возделывания дает 7–8 т/га, интенсивная – 10–12 т/га.

Немчиновская 57 – короткостебельный, зимостойкий, среднеспелый, устойчивый к полеганию сорт, высота растений достигает 90–105 см, масса 1000 зерен – 40–47 г, содержание белка в зерне – 13–14%, содержание клейковины – до 28–30%. Сорт устойчив к твердой головне и мучнистой росе, слабо поражается бурой ржавчиной, устойчив к прорастанию на корню. Базовая технология возделывания дает 6–7 т/га, интенсивная – 10,0–11,5 т/га.

Московская 39 – сорт, экологически пластичный, зимостойкий, засухоустойчивый. Высота растений – 100–105 см, масса 1000 зерен – 40–45 г. Сорт высокоустойчив к твердой головне, снежной плесени и септориозу, среднеустойчив к бурой ржавчине и мучнистой росе, устойчив к прорастанию на корню и осыпанию зерна. Базовая технология возделывания дает 5–6 т/га, интенсивная – 8–9 т/га. Является стандартом для сортов в Нечерноземной зоне и эталоном качества зерна. Содержание белка в зерне составляет 14–16%, содержание клейковины – до 40%, объемный выход хлеба – 1043 см<sup>3</sup>.

Московская 56 – сорт зимостойкий, пластичный, формирует высокий урожай по разным предшественникам и разным уровням плодородия почвы. Высота растения составляет 100–105 см, масса 1000 зерен – 45–50 г, содержание белка

в зерне – 13–14%, содержание клейковины – до 30%. Устойчив к бурой ржавчине и твердой головне, обладает полевой устойчивостью к мучнистой росе. Базовая технология возделывания дает 6–7 т/га, интенсивная – 10,0–11,7 т/га.

Сорта венгерской селекции адаптированы к возделыванию в лесостепной зоне Центральной Европы и произрастают на черноземных и солонцевато-черноземных почвах [9]. Сорта, включенные в гибридизацию, являются высокоинтенсивными и имеют следующие характеристики:

Nador<sup>MV</sup> – среднеспелый, короткостебельный сорт высокоинтенсивного типа с генетическим потенциалом урожайности 12,0 т/га, с высотой растения 80 см. Сорт отличается устойчивостью к полеганию, осыпанию и прорастанию зерна в колосе, высокоустойчив к бурой ржавчине и мучнистой росе, масса 1000 зерен составляет 40–50 г, содержание белка – 12–14%, содержание клейковины – 28–34%.

Ikva<sup>MV</sup> – суперранний сорт, способный давать более 9 т/га. Обладает отличной зимостойкостью, высота растений составляет 80–100 см, масса 1000 зерен – 38–42 г. Сорт устойчив к мучнистой росе, желтой, листовой и стеблевой ржавчине, среднеустойчив к фузариозу колоса.

Vojtar<sup>MV</sup> – среднеспелый сорт с потенциальной урожайностью 8,5–9,5 т/га, высота растений – 80–90 см. Сорт устойчив к полеганию, обладает хорошей зимостойкостью, среднеустойчив к желтой, листовой и стеблевой ржавчине.

Lucilla<sup>MV</sup> – среднеранний сорт, обладающий высокой экологической пластичностью, с высотой растений до 100 см. Характеризуется хорошей кустистостью и устойчивостью к бурой ржавчине. Содержание клейковины – 29–30%.

Karizma<sup>MV</sup> – высокоурожайный, короткостебельный сорт (высота растений – до 100 см), характеризуется хорошими хлебопекарными качествами. Содержание клейковины – 28,3–33,1%. Сорт обладает устойчивостью к фузариозу колоса, к мучнистой росе и грибным заболеваниям, вызывающим пятнистость листьев.

Гибридизацию сортов проводили в 2010 г. в условиях теплицы, так как венгерские сорта показали слабую зимостойкость в условиях Московской области (20–25%) – вплоть до полной гибели посевов. Гибриды F<sub>1</sub> также выращивали в теплице, а гибриды F<sub>2</sub> – в полевых условиях. Отбор индивидуальных растений производили в F<sub>3</sub>-F<sub>4</sub>, потомство которых высевали сначала на 2-рядковых делянках, а затем – на делянках 1 м<sup>2</sup>. При отборе учитывали процент перезимовки растений, дату колошения, высоту стебля, выравненность стеблестоя, устойчивость к мучнистой росе, бурой ржавчине и септориозу, а также элементы продуктивности. Выделенные линии оценивались в контрольных питомниках (далее – КП) первого и второго лет исследований и в конкурсном сортоиспытании (далее – КСИ) сезонов 2022–2023 гг.

Для изучения хозяйственно-ценных признаков КП-1 и КП-2, а также КСИ-1 в ФИЦ «Немчиновка» закладывали по черному пару, учетная площадь делянки – 1 м<sup>2</sup> и 10 м<sup>2</sup> соответственно, повторность – двухкратная, в качестве стандарта использовали сорт Московская 39. Все полевые наблюдения, учеты и оценки проводили по методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур [7]. В питомниках проводили фенологические наблюдения, оценивали перезимовку растений, подсчитывали число стеблей с 1 м<sup>2</sup>, продуктивность колоса, массу 1000 зерен. В питомнике конкурсного испытания определяли урожай зерна с 10 м<sup>2</sup>. Существенность различий между образцами по выраженности хозяйственно-ценных признаков определяли способом однофакторного дисперсионного анализа с использованием программы Agros, версия 2.09 [5]. Также проводили полный технологический анализ зерна включая содержание белка и клейковины в зерне и выпечку формового и подового хлеба.

Изучали полиморфизм высокомолекулярных глютеинов и рассчитывали Glu-балл, который отражает хлебопекарные свойства генотипа мягкой пшеницы [11].

Высокомолекулярные субъединицы глютеенинов (HMW-GS) экстрагировали из измельченных зерновок или половинок зерновок в соответствии с методикой, описанной Singh et al. [10], в модификации Branlard et al. [8].

Годы исследований (2021–2023) различались по погодным условиям: вегетационный период 2021 и 2022 гг. характеризовался засушливым режимом в течение всей вегетации, а 2023 г. был умеренно благоприятным по влагообеспеченности, что способствовало увеличению длины стебля. Однако почти все линии оставались в той же градации по короткостебельности относительно стандарта.

Лучшие отобранные в 2021 и 2022 гг. линии с комплексом хозяйственно-ценных признаков были высеяны в питомнике ФГБНУ ФНЦБЗР для оценки на устойчивость к северокавказским популяциям возбудителей бурой, желтой, стеблевой ржавчины и желтой пятнистости листьев, которые характеризуются повышенной агрессивностью с широким спектром генов вирулентности. Подобная тактика исследований была опробована нами в предыдущие годы исследований [4] и показала, что отобранные в таких условиях устойчивые генотипы проявляют устойчивость и к европейским популяциям патогенов в Центральном регионе. Посев был проведен 24 октября 2022 г., предшественником служил пар. Заражение растений в 2023 г. возбудителями бурой, желтой, стеблевой ржавчины и желтой пятнистости листьев пшеницы проводили согласно общепринятым методикам [1]. Стандартами восприимчивости для бурой ржавчины являлся сорт Michigan Amber, для желтой ржавчины – сорт Kaw, для стеблевой ржавчины – сорт Гелиос, для желтой пятнистости – сорт Таня. Оценку реакции и степени поражения образцов пшеницы производили по шкале, принятой CIMMYT [3]. Оценку по отношению к желтой пятнистости листьев пшеницы производили по шкале Сарри и Прескот, когда в зависимости от степени поражения растений, %, сорта ранжируются следующим образом: VR – высокоустойчивые; MR – умеренно устойчивые; MS – умеренно восприимчивые; S – восприимчивые; VS – высоко восприимчивые.

В исследованиях использованы материально-техническая база УНУ «Фитотрон для выделения, идентификации, изучения и поддержания рас, штаммов, фенотипов патогенов» (<https://ckp-rf.ru/usu/671925/>) и объекты БРК ФГБНУ ФНЦБЗР «Государственная коллекция энтомоакарифагов и микроорганизмов».

## Результаты и их обсуждение

По результатам испытаний в КП-1 и КП-2 отобрали короткостебельные линии с длиной стебля 80–90 см (на уровне короткостебельных сортов венгерской селекции) (табл. 1).

Признак «Число дней до колошения» практически совпадал по двум годам исследований, а процент перезимовки был выше в комбинациях, где одним из компонентов скрещивания был сорт Nador.

В оба года исследований по массе зерна с колоса выделились линии 22–22<sup>MV</sup>, 32–22<sup>MV</sup>, 34–22<sup>MV</sup>, 46–22<sup>MV</sup> и 53–22<sup>MV</sup>. Остальные линии в 2022 г. были на уровне стандарта, а в 2023 г. все линии, за исключением 56–22<sup>MV</sup> и 58–22<sup>MV</sup>, существенно превысили стандарт по этому показателю.

В контрольном питомнике первого и второго лет исследований по массе 1000 зерен существенно превысили сорт-стандарт линии из комбинаций (Vojtag x Немчиновская 24) и (Немчиновская 57 × Nador).

Полученные линии вызывают определенный интерес при решении проблемы устойчивости к листовым патогенам, о чем свидетельствует оценка линий на инфекционных фонах в полевых условиях Краснодарского края (табл. 2).

**Результаты оценки лучших образцов пшеницы озимой из КП-1 и КП-2  
по хозяйственно-ценным признакам в условиях Подмосквья**

№ п/п	Линия/сорт Комбинация скрещивания	Хозяйственно-ценные признаки 2022 г.						Хозяйственно-ценные признаки 2023 г.			
		Перези- мовка, %	Число дней до коло- шения	Высота раст., см	Масса зерна с колоса, г	Масса 1000 зерен, г	Перези- мовка, %	Число дней до коло- шения	Высота раст., см	Масса зерна с колоса, г	Масса 1000 зерен, г
1	22-22 <sup>mv</sup> Lucilla x H-17	10	261	73,3	2,9*	56,9*	75	260	84,0*	1,93*	44,6
2	23-22 <sup>mv</sup> Karizma x ПФ	15	265	75,0	1,6	51,5	65	269	85,5*	1,8*	53,4*
3	30-22 <sup>mv</sup> Karizma x M-56	5	261	84,0	1,6	46,1	75	262	115,5	1,89*	53,6*
4	32-22 <sup>mv</sup> Bojtar x H-24	10	259	85,7	2,51*	51,2	75	265	78,2*	2,02*	49,4
5	34-22 <sup>mv</sup> Bojtar x H-24	10	261	68,3*	2,27*	55,4*	70	262	78,5*	2,18*	55,3*
6	46-22 <sup>mv</sup> H-57 x Nador	25	260	71,0*	2,15*	52,6	60	264	83,8*	1,98*	61,7*
7	48-22 <sup>mv</sup> H-57 x Nador	60	265	81,3	1,79	51,2	50	266	79,0*	2,04*	59,1*
8	49-22 <sup>mv</sup> H-57 x Nador	60	265	69,0*	1,88	53,4*	50	264	74,5*	1,92*	63,2*

№ п/п	Линия/сорт Комбинация скрещивания	Хозяйственно-ценные признаки 2022 г.						Хозяйственно-ценные признаки 2023 г.			
		Перези- мовка, %	Число дней до коло- шения	Высота раст., см	Масса зерна с колоса, г	Масса 1000 зерен, г	Перези- мовка, %	Число дней до коло- шения	Высота раст., см	Масса зерна с колоса, г	Масса 1000 зерен, г
9	50–22 <sup>mv</sup> H-57 x Nador	50	265	80,0	1,91	55,3*	70	262	87,5*	1,84*	57,5*
10	51–22 <sup>mv</sup> (H-57 x Nador) x Nador	80	265	70,7*	1,62	51,0	80	264	86,8*	2,08*	57,4*
11	53–22 <sup>mv</sup> (H-57 x Nador) x Nador	60	261	63,3*	2,0*	52,4	65	261	81,0*	2,04*	54,0*
12	55–22 <sup>mv</sup> Nador x ПФ	80	262	66,7*	1,56	52,0	60	262	79,0*	2,0*	45,6
13	56–22 <sup>mv</sup> Nador x ПФ	80	262	65,0*	1,6	52,0	80	265	85,2*	1,78	49,8
14	58–22 <sup>mv</sup> Nador x ПФ	70	261	60,7*	1,6	49,4	70	262	82,5*	1,7	45,5
15	60–22 <sup>mv</sup> (Nador x H-57) x Ikva	65	261	72,0*	1,68	51,3	65	266	91,2*	1,84*	49,8
16	Москов. 39(st)	63	261	81,0	1,42	49,0	90	262	104,5	1,54	48,8
	НСР <sub>05</sub>	-	-	8,40	0,52	3,06	-	-	4,88	0,24	4,2

**Устойчивость линий пшеницы озимой  
к северокавказским популяциям возбудителей болезней (2023 г.)**

№ п/п	Линия/сорт Комбинация скрещивания	Устойчивость к северокавказским популяциям возбудителей болезней			
		<i>Puccinia triticina</i>	<i>Puccinia striiformis</i>	<i>Puccinia graminis</i>	<i>Pyrenophora tritici-repentis</i>
1	22–22 <sup>MV</sup> Lucilla × H-17	10MS	10MR	1R	40S
2	23–22 <sup>MV</sup> Karizma × ПФ	25MS	10MS	10MS	25MR
3	30–22 <sup>MV</sup> Karizma × M-56	20MS	1R	0	40S
4	32–22 <sup>MV</sup> Bojtar × H-24	.*	0	0	25MR
5	34–22 <sup>MV</sup> Bojtar × H-24	1R	0	1R	30MS
6	46–22 <sup>MV</sup> H-57 × Nador	7MR	10MR	0	15R
7	48–22 <sup>MV</sup> H-57 × Nador	-	-	-	15R
8	49–22 <sup>MV</sup> H-57 × Nador	5MS	10MS	10MS	30MS
9	50–22 <sup>MV</sup> H-57 × Nador	10MS	25MS	5MR	30MS
10	51–22 <sup>MV</sup> (H-57 × Nador) × Nador	10MR	5MS	15MS	25MR
11	53–22 <sup>MV</sup> (H-57 × Nador) × Nador	40MS	10MS	1R	20MR
12	55–22 <sup>MV</sup> Nador × ПФ	20MS	5MR	1R	25MR
13	56–22 <sup>MV</sup> Nador × ПФ	10MR	15MS	25MS	25MR
14	58–22 <sup>MV</sup> Nador × ПФ	35MS	5MS	5MR	35MS
15	60–22 <sup>MV</sup> (Nador × H-57) × Ikva	50MS	25MS	30S	30MS
16	Контроль по восприимчивости	80S	70S	60S	60S

\*Изучение не проводилось.

Был выявлен высокоустойчивый к бурой ржавчине (*Puccinia triticina f.sp. tritici*) образец 34–22<sup>MV</sup>. Устойчивость к этому заболеванию скорее всего передана от сорта Немчиновская 24, обладающего двумя эффективными генами *Lr 9* и *Lr 46*. Умеренную устойчивость показали 3 образца: 46–22<sup>MV</sup>, 51–22<sup>MV</sup> и 56–22<sup>MV</sup> (7–10 MR).

По отношению к желтой ржавчине пшеницы (*Puccinia striiformis f.sp. tritici*) среди изученных образцов было выявлено 3 источника устойчивости: 30–22<sup>MV</sup>, 32–22<sup>MV</sup>, 34–22<sup>MV</sup>.

Было выявлено 7 образцов, устойчивых к стеблевой ржавчине (*Puccinia graminis f.sp. tritici*): 22–22<sup>MV</sup>, 30–22<sup>MV</sup>, 32–22<sup>MV</sup>, 34–22<sup>MV</sup>, 46–22<sup>MV</sup>, 53–22<sup>MV</sup>, 55–22<sup>MV</sup>. Иммунологическая оценка образцов в условиях жесткого инфекционного фона позволила ранжировать линии по устойчивости относительно северокавказской популяции возбудителя желтой пятнистости листьев пшеницы (*Pyrenophora tritici-repentis*).

Выявлено 2 устойчивых образца к этой инфекции (46–22<sup>MV</sup> и 48–22<sup>MV</sup>), имеющих одинаковое происхождение (Немчиновская 57 x Nador). Следует отметить среднеустойчивый образец 23–22<sup>MV</sup> из комбинации (Karizma x Памяти Федина), получивший устойчивость к желтой пятнистости листьев скорее всего от материнского сорта Karizma<sup>MV</sup>.

Наибольший интерес представляют образцы, обладающие групповой устойчивостью к нескольким заболеваниям в сочетании с хозяйственно-ценными признаками, достоверно превышающими сорт-стандарт.

К желтой и стеблевой ржавчине были устойчивы 3 образца: 30–22<sup>MV</sup>, 32–22<sup>MV</sup>, 34–22<sup>MV</sup>. Групповой устойчивостью к бурой, желтой и стеблевой ржавчине и желтой пятнистости листьев обладает образец 46–22<sup>MV</sup>.

Из 15 лучших по комплексу признаков линий более половины имеет в родословной сорт Nador, что может свидетельствовать о его хорошей сортообразующей способности.

Образец 34–22<sup>MV</sup> проявил устойчивость к трем видам ржавчины и превысил стандарт по массе зерна с колоса и массе 1000 зерен, а также оказался достоверно ниже стандарта по высоте растения.

В питомнике конкурсного сортоиспытания 2023 г. были проанализированы 9 линий озимой пшеницы от скрещивания сортов Памяти Федина, Немчиновская 24 и Немчиновская 57 с сортами венгерской селекции: Nador, Ikva, Lucilla и Vojtar (табл. 3).

В результате эксперимента не обнаружены достоверные различия по урожаю зерна с 10 м<sup>2</sup> и числу стеблей с 1 м<sup>2</sup> в сравнении со стандартом. Все линии были продуктивны и выколашивались на 3–6 дней раньше стандарта, 6 линий были крупнозерными и достоверно превышали стандарт по массе 1000 зерен, а также имели достоверно низкую высоту растений в сравнении с сортом Московская 39 (st).

Зерно пшеницы озимой, сформированное в условиях 2023 г., характеризовалось меньшим содержанием белка и клейковины, чем в предыдущие годы исследований. У стандартного сорта Московская 39 содержание белка и клейковины в зерне составляло 13,1 и 26,7% соответственно (табл. 4), что ниже, чем в другие годы исследований (15–17% белка и 30–32% клейковины). Это связано с тем, что перед посевом озимой пшеницы минеральные удобрения не вносили, а повышенная влагообеспеченность также не способствовала накоплению белка и клейковины.

С целью определения аллельного состояния локусов *Glu-1*, влияющих на хлебопекарные качества выпекаемого хлеба, у 9 линий, включенных в конкурсное сортоиспытание, была проведена идентификация высокомолекулярных глютеинов. На основании шкалы влияния субъединиц глютеина на хлебопекарное качество, предложенной Payne et al. [11], был рассчитан Glu-балл этих линий.

## Результаты испытания линий озимой пшеницы в КСИ 2023 г.

Линия	Педигри	Пере- зи- мовка, %	Число дней до коло- шения	Высота, см	Урожай зерна с 10 м <sup>2</sup> , г	Стеблей на м <sup>2</sup>	Масса зерна с ко- лоса, г	Масса 1000 зерен, г
1	57–22 Mv (Nador × ПФ)	75	268	103,3	9855,1	506	1,7*	48,5
2	86–22 Mv (Nador × ПФ)	85	264	105,0	9832,0	532	1,4	50,5*
4	52–22Mv (H-57 × Nador) × Nador	85	265	88,3*	10512,3	524	1,5	52,4*
5	80–22 Mv (H-57 × Nador)	80	263	92,3*	8503,0	477	1,4	56,0*
6	85–22 Mv (H-57 × Nador)	80	263	87,0*	9212,4	428	1,3	52,0*
7	90–22 Mv [(Nador × H-57) × Ikva]	75	263	88,0*	10079,3	516	1,4	42,4
8	112–22 Mv (Lucilla × H-24)	80	262	96,3*	9964,4	566	1,4	51,0*
9	73–22 Mv (Lucilla × H-24)	90	265	107,7	11079,3	622	1,4	48,6
10	79–22 Mv (Bojtar × H-24)	90	264	88,3*	10614,0	448	1,5	50,0*
St	Московская 39	90	268	104,3	9495,0	604	1,3	48,4
НСР <sub>05</sub>		-	-	3,5	F <sub>факт</sub> < F <sub>теор</sub>	F <sub>факт</sub> < F <sub>теор</sub>	0,2	1,2

У 3 линий конкурсного сортоиспытания было обнаружено 2 аллеля по Glu-A1 локусу: Null (аллель с) и 2\* (аллель b). Субъединицы глютеина, кодируемые аллелем b, определяют высокое хлебопекарное качество и оцениваются согласно Payne et al. [11] в 3 балла, в то время как аллель с вносит всего лишь 1 балл в хлебопекарное качество образцов из комбинации (Nador × Памяти Федина), понижая качество хлеба, выпекаемого из этих генотипов.

Из двух компонентов глютеина (7+9) и (7+8), которые кодируются локусом Glu-B1, лучшим является (7+8) – 3 балла, а по Glu-D1 (5+10) – 4 балла. В сорте Московская 39, принятом за стандарт в Московской области, собраны лучшие аллели, обеспечивающие самые высокие хлебопекарные свойства этого сорта. Такой же высокий показатель хлебопекарного качества в 10 баллов получен у короткостебельных линий, имеющих в родословной сорта Немчиновская 57, Nador и Ikva (линии 3, 4, 5 и 6).

У линии 8 от скрещивания (Lucilla × Немчиновская 24) обнаружен полиморфизм по локусу Glu-D1. Наряду с ценным компонентом (Dx5 + Dy10) в образце обнаружен компонент (Dx2 + Dy12), снижающий хлебопекарные качества. Если дальнейшие

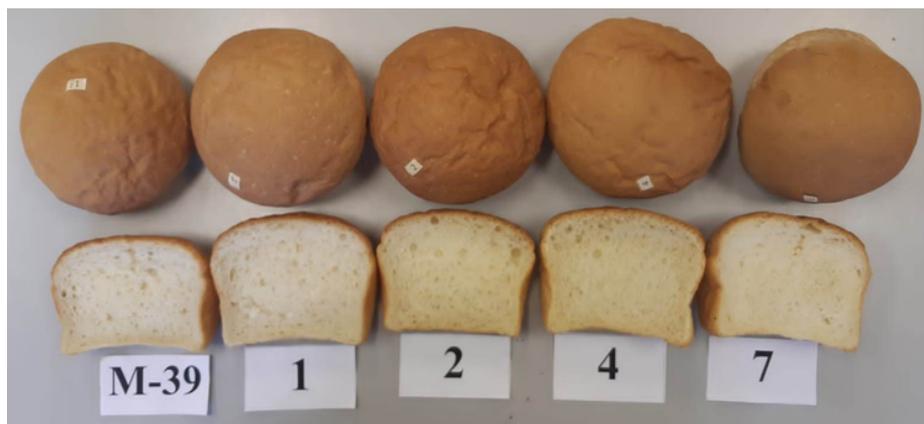
исследования покажут наличие двух биотипов у этого образца, то методом индивидуального отбора растений с глютениновой формулой (Ax2\*/ Vx7+Vy9/ Dx5+Dy10) можно поднять Glu-балл до 9, улучшив хлебопекарные качества этой линии.

Пробная выпечка формового и подового хлеба из лучших образцов КСИ представлена на рисунке 1.

Таблица 4

**Показатели качества зерна и хлебопекарная ценность  
линий озимой пшеницы из КСИ 2023 г.**

Линии	Педигри	Содержание в зерне, %		Глютениновая формула	Glu-балл
		белка	клейковины		
1	Nador × П. Федина	12,8	27,3	AxN/ 7+9/ 5+10	7
2	Nador × П. Федина	13,2	26,6	AxN/ 7+9/ 5+10	7
4	(H-57 × Nador) × Nador	12,8	24,7	Ax2*/ 7+8/ 5+10	10
5	H-57 × Nador	11,8	21,0	Ax2*/ 7+8/ 5+10	10
6	H-57 × Nador	11,7	19,5	Ax2*/ 7+8/ 5+10	10
7	(Nador × H-57) × Ikva	12,0	21,2	Ax2*/ 7+8/ 5+10	10
8	Lucilla × H-24	12,4	18,1	Ax2*/ 7+9/	
9	Lucilla × H-24	12,8	24,9	Ax2*/ 7+8/ 2+12	8
10	Bojtar × H-24	12,8	26,5	Ax2*/ 7+8/ 2+12	8
St	Московская 39	13,1	26,7	Ax2*/ 7+8/ 5+10	10



**Рис. 1.** Результаты выпечки формового и подового хлеба из лучших образцов КСИ 2023 г.:

- 1 – Nador × П. Федина – объемный выход хлеба 690 см<sup>3</sup>;
- 2 – Nador × П. Федина – объемный выход хлеба 646 см<sup>3</sup>; 4 – (H-57 × Nador) × Nador – объемный выход хлеба 687 см<sup>3</sup>;
- 7 – (Nador × H-57) × Ikva – объемный выход хлеба 676 см<sup>3</sup>;
- Московская-39(st) – объемный выход хлеба 614 см<sup>3</sup>

По результатам оценок линий пшеницы озимой в конкурсное сортоиспытание второго года исследований отобраны короткостебельная крупнозерная линия 4 [(Немчиновская 57 × Nador) × Nador], обладающая наивысшим хлебным баллом и объемным выходом хлеба 687 см<sup>3</sup>, а также скороспелая линия 8 (Lucilla × Немчиновская 24), сочетающая оптимальную высоту с крупным зерном и объемным выходом хлеба в 607 см<sup>3</sup>, и скороспелая, короткостебельная и крупнозерная линия 10 (Vojtár × Немчиновская 24).

## Выводы

Подтверждена эффективность скрещивания интенсивных сортов пшеницы озимой, созданных для различных эколого-географических зон, в создании новых прототипов сортов для Центрального региона РФ. Получены новые генотипы, составляющие конкуренцию стандартному сорту, по признакам продуктивности, скороспелости, короткостебельности, групповой устойчивости к грибным болезням и высокого качества зерна. Из КП-2 2023 г. отобраны линии с групповой устойчивостью к бурой, желтой и стеблевой ржавчине, сочетающие оптимальную высоту 80–85 см с продуктивностью колоса в 2 г и крупнозерностью (22–22<sup>MV</sup>, 34–22<sup>MV</sup>, 46–22<sup>MV</sup>). Последняя линия устойчива также к желтой пятнистости и обладает крупным зерном, масса 1000 зерен – 62,0 г.

Из КСИ 2023 г. отобраны короткостебельная крупнозерная линия 4 [(Немчиновская 57 × Nador) × Nador], обладающая наивысшим хлебным баллом и объемным выходом хлеба 687 см<sup>3</sup>, а также скороспелая линия 8 (Lucilla × Немчиновская 24), сочетающая оптимальную высоту с крупным зерном и объемным выходом хлеба в 607 см<sup>3</sup>, и скороспелая, короткостебельная и крупнозерная линия 10 (Vojtár × Немчиновская 24).

*Исследования выполнены в рамках договора о научно-техническом сотрудничестве от 1 февраля 2022 г. № НС 2022–13 между Федеральным государственным бюджетным научным учреждением Федеральный исследовательский центр «Немчиновка» (ФГБНУ ФИЦ Немчиновка), лабораторией генетики и пребридинга зерновых культур, Федеральным государственным бюджетным научным учреждением «Федеральный научный центр биологической защиты растений» (ФГБНУ ФНЦБЗР), лабораторией иммунитета растений к болезням, и согласно Государственному заданию Министерства науки и высшего образования РФ в рамках НИР по темам № FGGE-2022–0001 и № FGRN-2022–0004.*

## Библиографический список

1. Анпилогова Л.К., Волкова Г.В. Методы создания искусственных инфекционных фонов и оценки сортообразцов пшеницы на устойчивость к вредоносным болезням (фузариозу колоса, ржавчинам, мучнистой росе) // РАСХН ВНИИБЗР. – 2000. – Т. 28. – С. 1–10.
2. Воронов С.И., Гончаренко А.А., Сандухадзе Б.И. и др. Каталог сортов зерновых и зернобобовых культур селекции Федерального исследовательского центра «Немчиновка». – Изд. 6-е, доп. – М., 2018. – 68 с.
3. Койшыбаев М., Шаманин В.П., Моргунов А.И. Скрининг пшеницы на устойчивость к основным болезням: Методические указания. – Анкара: ФАО-СЕК, 2014. – 58 с.
4. Лапочкина И.Ф., Баранова О.А., Гайнуллин Н.Р., Волкова Г.В., Гладкова Е.В., Ковалева Е.О., Осипова А.В. Создание линий озимой пшеницы с несколькими генами устойчивости к *Puccinia graminis* Pers. f. sp. *tritici* для использования в селекционных программах России // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2018. – Т. 22, № 6. – С. 676–684.

5. Мартынов С.П. Версия AGROS2.07 // Программа для РС. – Тверь, 1997.
6. Сандухадзе Б.И. Селекция озимой пшеницы в Центральном регионе Нечерноземья России: монография. – М.: НИПКЦ Восход-А, 2011. – 504 с.
7. Федин М.А. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур: общая часть. – М.: Колос, 1985. – 263 с.
8. Branlard G., Dardevet M., Saccomano R., Lagoutte F., Gourdon J. Genetic diversity of wheat storage proteins and breadwheat quality // *Euphytica*. – 2001. – № 119. – Pp. 59–67.
9. Dimitrov E., Uhr Z., Angelova T., Vida G. Evaluation and stability of economic traits of Hungarian common winter wheat varieties in the region of Central Southern Bulgaria // V. Balkan Agricultural Congress, 20–23 September, 2023. – Edirne, Turkey. – 2023. – Pp. 127–137.
10. Singh N.K., Shepherd K.W., Cornish G.B. A simplified SDS-PAGE procedure for separating LMW subunits of glutenin // *J. Cereal Sci.* – 1991. – № 14. – Pp. 203–208.
11. Payne P.I., Nightingale M.A., Krattiger A.F., Holt L.M. The Relationship between HMW Glutenin Subunit Composition and the Bread-making Quality of British-grown Wheat Varieties // *J. Sci. Agric.* – 1987. – № 40. – Pp. 51–65.

## DEVELOPMENT OF NEW WINTER WHEAT BREEDING MATERIAL USING HUNGARIAN VARIETIES FOR THE CENTRAL REGION OF THE RUSSIAN FEDERATION

I.F. LAPOCHKINA<sup>1</sup>, I.J. MAKAROVA<sup>1</sup>, N.A. YASHINA<sup>1</sup>, M.D. METT<sup>1,4</sup>,  
N.R. GAINULLIN<sup>1</sup>, M.A. KUZMICH<sup>1</sup>, I.V. GRUZDEV<sup>2</sup>, G.V. VOLKOVA<sup>3</sup>

(<sup>1</sup>Federal Research Center «Nemchinovka»;

<sup>2</sup>All-Russia Research Institute of Agriculture Biotechnology;

<sup>3</sup>Federal Research Centre of Biological Plant Protection;

<sup>4</sup>Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy)

*The aim of the study was to develop a new breeding material combining resistance to the main harmful diseases with high yield potential and good baking qualities of the grain. Productive, winter-hardy winter wheat varieties of the FRC “Nemchinovka” breeding line, well adapted to the central region of the Russian Federation, and productive short-stemmed varieties of Hungarian selection with resistance to European populations of rust fungi, powdery mildew, fusarium and leaf spots were selected as parental components for crossing. Recombinant production lines of winter wheat combining good winter hardiness with short stem, early maturity, high grain quality and group resistance to fungal diseases were obtained from these crosses. The selected lines (Nemchinovskaya 57 × Nador), (Nador × Pamyati Fedina), (Lucilla × Nemchinovskaya 24), (Bojtar × Nemchinovskaya 24), (Nemchinovskaya 57 × Nador) are being tested in competitive variety testing and reproduction.*

**Keywords:** winter wheat, yield, short stem, resistance to diseases, leaf rust, yellow rust, stem rust, yellow spot, grain quality.

### References

1. Anpilogova L.K., Volkova G.V. *Techniques for developing artificial infection backgrounds and evaluating wheat varieties for resistance to harmful diseases (ear fusarium, rusts, powdery mildew)*. Krasnodar, Russia: RASKhN VNIIBZR, 2000;28:1–10. (In Russ.)
2. Voronov S.I., Goncharenko A.A., Sandukhadze B.I. et al. *Catalog of varieties of grain and leguminous crops selected by the Federal Research Center “Nemchinovka”*. Edition 6, suppl. Moscow, Russia, 2018:68. (In Russ.)

3. Koyshybaev M., Shamanin V.P., Morgunov A.I. *Wheat screening for resistance to major diseases: guidelines*. Ankara: FAO-SEK, 2014:58. (In Russ.)
4. Lapochkina I.F., Baranova O.A., Gainullin N.R., Volkova G.V. et al. The development of winter wheat lines with several genes for resistance to *Puccinia graminis* Pers. f. sp. *tritici* for use in breeding programs in Russia. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2018;22(6):676–684. (In Russ.)
5. Martynov S.P. *Version AGROS2.07: program for PC*. Tver, Russia, 1997. (In Russ.)
6. Sandukhadze B.I. *Breeding of winter wheat in the central region of the Non-Black Earth Region of Russia*. Moscow, Russia: OOO “NIPK Ts Voskhod-A”, 2011:504. (In Russ.)
7. Fedin M.A. *Methodology for state variety testing of agricultural crops: general part*. Moscow, USSR: Kolos, 1985:263. (In Russ.)
8. Branlard G., Dardevet M., Saccomano R., Lagoutte F., Gourdon J. Genetic diversity of wheat storage proteins and breadwheat quality. *Euphytica*. 2001;119:59–67.
9. Dimitrov E., Uhr Z., Angelova T., Vida G. Evaluation and stability of economic traits of Hungarian common winter wheat varieties in the region of Central Southern Bulgaria. V. *Balkan Agricultural Congress, 20–23 September, 2023*. Edirne, Turkey, 2023:127–137.
10. Singh N.K., Shepherd K.W., Cornish G.B. A simplified SDS-PAGE procedure for separating LMW subunits of glutenin. *J. Cereal Sci.* 1991;14: 203–208.
11. Payne P.I., Nightingale M.A., Krattiger A.F., Holt L.M. The Relationship between HMW Glutenin Subunit Composition and the Bread-making Quality of British-grown Wheat Varieties. *J. Sci. Agric.* 1987;40:51–65.

#### Сведения об авторах

**Лапочкина Инна Федоровна**, главный научный сотрудник, д-р биол. наук, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение Федеральный исследовательский центр «Немчиновка»; 143026, Российская Федерация, Московская область, г. Одинцово, р.п. Новоивановское, ул. Агрохимиков; e-mail: inna-lapochkina@yandex.ru; тел.: (495) 107–40–00

**Макарова Ирина Юрьевна**, ведущий научный сотрудник, канд. биол. наук, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение Федеральный исследовательский центр «Немчиновка»; 143026, Российская Федерация, Московская область, г. Одинцово, р.п. Новоивановское, ул. Агрохимиков; e-mail: makarovairinaj@yandex.ru; тел.: (495) 107–40–00

**Яшина Наталья Алексеевна**, старший научный сотрудник, канд. с.-х. наук, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение Федеральный исследовательский центр «Немчиновка»; 143026, Российская Федерация, Московская область, г. Одинцово, р.п. Новоивановское, ул. Агрохимиков; e-mail: yashina-nat@yandex.ru; тел.: (495) 107–40–00

**Метт Мария Дмитриевна**, магистрант, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127434, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; младший научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение Федеральный исследовательский центр «Немчиновка»; 143026, Российская Федерация, Московская область, г. Одинцово, р.п. Новоивановское, ул. Агрохимиков; e-mail: mari.mett@mail.ru; тел.: (495) 107–40–00

**Гайнуллин Наиль Рифкатович**, ведущий научный сотрудник, канд. биол. наук, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение Федеральный исследовательский центр «Немчиновка»; 143026, Российская Федерация,

Московская область, г. Одинцово, р.п. Новоивановское, ул. Агрехимиков; e-mail: gainullin.nail@gmail.com; тел.: (495) 107-40-00

**Кузьмич Михаил Александрович**, главный научный сотрудник, д-р с.-х. наук, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение Федеральный исследовательский центр «Немчиновка»; 143026, Российская Федерация, Московская область, г. Одинцово, р.п. Новоивановское, ул. Агрехимиков; e-mail: m-kuzmich@yandex.ru; тел.: (495) 107-40-00

**Груздев Иван Викторович**, научный сотрудник лаборатории маркерной и геномной селекции растений, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной биотехнологии»; 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 42; e-mail: gruzdev82mtz@mail.ru; тел.: (903) 237-59-91

**Волкова Галина Владимировна**, заместитель директора по развитию и координации НИР ФГБНУ «Федеральный научный центр биологической защиты растений», д-р биол. наук, член-корреспондент РАН; Российская Федерация, г. Краснодар, п/о 39, 350039, ВНИИБЗР; e-mail: galvol.bpp@yandex.ru; тел.: (861) 228-17-87

### Information about the authors

**Inna F. Lapochkina**, DSc (Bio), Chief Research Associate, Federal Research Center “Nemchinovka” (6 Agrokhimikov St., worker’s settlement Novoivanovskoe, Odintsovo, Moscow region, 146026, Russian Federation; phone: (495) 107-40-00; e-mail: inna-lapochkina@yandex.ru)

**Irina Yu. Makarova**, CSc (Bio), Leading Research Associate, Federal Research Center “Nemchinovka” (6 Agrokhimikov St., worker’s settlement Novoivanovskoe, Odintsovo, Moscow region, 146026, Russian Federation; phone: (495) 107-40-00; e-mail: makarovairinaj@yandex.ru)

**Natalya A. Yashina**, CSc (Agr), Senior Research Associate, Federal Research Center “Nemchinovka” (6 Agrokhimikov St., worker’s settlement Novoivanovskoe, Odintsovo, Moscow region, 146026, Russian Federation; phone: (495) 107-40-00; E-mail: yashina-nat@yandex.ru)

**Mariya D. Mett**, Master’s Degree student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation), Junior Research Associate, Federal Research Center “Nemchinovka” (6 Agrokhimikov St., worker’s settlement Novoivanovskoe, Odintsovo, Moscow region, 146026, Russian Federation; phone: (495) 107-40-00; e-mail: mari.mett@mail.ru)

**Nail R. Gainullin**, CSc (Bio), Leading Research Associate, Federal Research Center “Nemchinovka” (6 Agrokhimikov St., worker’s settlement Novoivanovskoe, Odintsovo, Moscow region, 146026, Russian Federation; phone: (495) 107-40-00; e-mail: gainullin.nail@gmail.com)

**Michael A. Kuzmich**, DSc (Agr), Chief Research Associate, Federal Research Center “Nemchinovka” (6 Agrokhimikov St., worker’s settlement Novoivanovskoe, Odintsovo, Moscow region, 146026, Russian Federation; phone: (495) 107-40-00; e-mail: m-kuzmich@yandex.ru)

**Ivan V. Gruzdev**, CSc (Bio), Research Associate at the Laboratory of Marker-Assisted and Genomic Selection of Plants, All-Russia Research Institute of Agricultural Biotechnology (42 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation; phone: (903) 237-59-91; e-mail: gruzdev82mtz@mail.ru)

**Galina V. Volkova**, DSc (Bio), Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Deputy Director for Development and Coordination, Federal Research Centre of Biological Plant Protection (post office 39, VNIIBZR, Krasnodar, 350039, Russian Federation; phone: (918) 374-76-78; e-mail: galvol.bpp@yandex.ru)

ЕЖА СБОРНАЯ (*DACTYLIS GLOMERATA* L.) –  
КОРМОВАЯ КУЛЬТУРА УНИВЕРСАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ  
В АДАПТИВНОМ ЛУГОПАСТБИЩНОМ ХОЗЯЙСТВЕ (ОБЗОР)

Н.Н. ЛАЗАРЕВ, А.В. ШИТИКОВА, Е.М. КУРЕНКОВА,  
О.В. КУХАРЕНКОВА, С.А. ДИКАРЕВА, А.Р. ТЯЖКОРОБ

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

В статье представлены обобщенные результаты отечественной и зарубежной литературы по биолого-экологическим особенностям и использованию ежи сборной в кормопроизводстве. В России и мире ежа сборная является одним из наиболее распространенных видов на природных и сеяных лугах. При достаточной обеспеченности азотом она превосходит другие травы по конкурентной способности и урожайности, обеспечивая в различных регионах России от 5 до 12 т/га сухой массы. При оптимальных режимах использования ее продуктивное долголетие составляет 8–10 лет и более. Ежа сборная обеспечивает получение от 3 до 5 укосов за сезон, является устойчивой к выпасу животных. В системе укосного зеленого конвейера она обеспечивает получение наиболее ранних кормов в весенний период. Обладая высокой агрессивностью, ежа сборная быстро вытесняет другие травы из травостоев, поэтому чаще возделывается в монокультуре. Она имеет хорошую облиственность и при использовании до наступления фазы выметывания накапливает 15–25% сырого протеина. Ежа сборная превосходит овсяницу луговую, райграс пастбищный, тимфеевку луговую по засухоустойчивости, но, как и райграс, может изреживаться в зимне-весенние периоды при неблагоприятных условиях перезимовки, имеет слабую устойчивость к затоплению и близкому залеганию грунтовых вод. Высокая теневыносливость позволяет использовать ее для залужения междурядий в плодовых садах при дерново-перегнойной системе их содержания. Это способствует повышению плодородия почв и качества получаемых плодов. В условиях потепления климата ежа сборная может расширить свой ареал на территории России.

**Ключевые слова:** ежа сборная, урожайность, отавность, долголетие, засухоустойчивость, зимостойкость, питательность.

### Введение

Многолетние злаковые травы являются доминирующими компонентами природных и старосеяных кормовых угодий. По видовому разнообразию многолетние злаки превосходят группу бобовых кормовых растений. Среди злаковых трав имеется значительная часть корневищных видов, которые могут вегетативно размножаться, превосходят бобовые по долголетию, зимостойкости, устойчивости к затоплению аллювиальными и подтоплению грунтовыми водами. На богатых пойменных лугах эти виды нередко формируют монодоминантные травостои. Однако в нашей стране на наибольших площадях выращивают рыхлокустовые злаковые травы: тимфеевку луговую (*Phleum pratense* L.), овсяницу луговую (*Festuca pratensis* L.), ежу сборную (*Dactylis glomerata* L.).

По значению ежа сборная входит в число четырех лучших кормовых злаковых трав в мире [65, 72]. Она произрастает на природных угодьях в Северной Африке, Западной и Центральной Европе, умеренной и тропической Азии, является интродуцированным видом в течение уже более 200 лет в Северной Америке [37, 71], а также в Японии [66], Австралии и Новой Зеландии [48]. Это широко адаптированный многолетний вид, произрастающий на всех континентах, включая острова Кергелен и Крозе в Антарктиде [69].

Исследования показывают, что общая площадь подходящих местообитаний для ежи сборной оценивается в  $2133,01 \times 10^4$  км<sup>2</sup>, она рассеяна неравномерно по континентам. Кроме того, подходящие площади среды обитания увеличились в последнее время в более высоких широтах и уменьшились в более низких широтах по мере увеличения выбросов парниковых газов. В то же время следует приложить усилия для спасения мест в южном полушарии, которым грозит опасность стать непригодными для ежи сборной [73].

Многие авторы считают вид ежи сборной единственным в роде *Dactylis*, выделяя до 15 региональных подвидов. Среди них есть тетраплоидные и диплоидные подвиды, довольно редко встречаются гексаплоидные формы. Тетраплоидные формы более высокорослые, чем диплоидные, и имеют более широкий экологический ареал [51]. Некоторые природные экотипы, по-видимому, обладают потенциалом использования в селекции для увеличения выхода сухого вещества (экотипы подвида *glomerata*) и снижения содержания нейтрально-детергентной клетчатки NDF (экотипы подвида *hispanica*) [27]. Предполагается, что подвиды представляют собой адаптированные экотипы, которые гибридизируются. Они являются полезными генетическими ресурсами для кислых почв и агролесомелиорации [46].

С 1950-х гг. в мире выведено более 200 сортов ежи, 133 из них используются в Европе [62]. В Государственном реестре селекционных достижений России зарегистрировано 22 российских сорта ежи сборной [2].

**Цель исследований:** обобщение результатов отечественной и зарубежной литературы по биолого-экологическим особенностям и использованию ежи сборной в кормопроизводстве.

## Материал и методы исследований

С использованием более 70 отечественных и зарубежных научных источников проведен обзорный анализ информации по использованию ежи сборной в кормопроизводстве с учетом биолого-экологических особенностей вида и сортов.

## Результаты и их обсуждение

*Устойчивость и долголетие.* Ежа обладает высокой конкурентной способностью, и ее относят к агрессивным видам, способным вытеснить другие растения из травостоев [5, 17, 30, 49, 58]. Она превосходит многие другие рыхлокустовые злаковые травы по долголетию и может сохраняться в травостоях в течение 10–15 лет [7, 53] и даже свыше 25 лет [1].

По сообщению Кутузовой и др., продуктивное долголетие травостоя с ежой сборной поддерживается в течение 10 лет и дольше, но наибольшая эффективность азотных удобрений отмечается на молодых травостоях. Они же обеспечивают и большую продолжительность пастбищного периода [8].

В условиях Карелии в двухкомпонентных травостоях с овсяницей луговой, райграсом пастбищным (*Lolium perenne* L.) или фестулолиумом ( $\times$  *Festulolium* Asch.

& Graebn.) ежа сборная доминировала в течение всего периода использования травостоев, и на 9-й год на нее приходилось 85,8–95,3% общего урожая при сборе корма 7,84–9,14 т/га сухой массы [4]. В условиях Московской области при высеве травосмесей, включающих в себя ежу сборную, она составляла основу урожая травостоев 9-го года жизни при ее содержании в ботаническом составе агрофитоценозов 58–67% [15]. Ежа сборная является видом с высокой ценотической автономностью. По этой причине в травосмесях она более устойчива по сравнению с овсяницей луговой, которая полностью выпадает к 5-му году, в то время как в чистом виде продолжает нормально продуцировать фитомассу. Ежа сборная удерживается в травосмесях до 7–8-го года жизни [12].

Высокая конкурентная способность ежи сборной обусловлена не только интенсивным кушением и ростом, но и ее аллелопатической активностью [45]. В то же время в некоторых исследованиях показано, что ежа не влияет на биоразнообразие лугов [57].

Изреживание ежи сборной может быть обусловлено чрезмерной нагрузкой скота на пастбищах, повреждением дернины тяжелой техникой, постоянной поздней уборкой, выжиганием старики [37]. Низкая высота отчуждения надземной массы может оказать более отрицательное влияние на устойчивость трав, чем частая дефолиация. При скашивании на высоту 5 см урожайность была выше, чем на высоту 10 см, но при низкой дефолиации плотность травостоев уменьшилась, поэтому рекомендовано при трехукосном использовании скашивать ежу сборную на высоте 10 см [41].

Благодаря раннеспелости ежа сборная может успешно размножаться семенным путем. В исследованиях, проведенных в Японии, при самообсеменении увеличивалась доля ежи сборной в травостое, и авторы рассматривают самообсеменение как прием улучшения пастбищ [43, 44, 74].

В зоне континентального климата, характерного для Румынии, ежа сборная занимает особое место благодаря специфическим характеристикам – таким, как устойчивость к болезням и вредителям [50]. Наиболее часто ежа может поражаться ржавчиной, что отрицательно сказывается на ее урожайности и качестве получаемого корма [13, 52].

*Экологические особенности.* Ежа предпочитает супесчаные, суглинистые и торфяные почвы с  $pH_{KCl}$  4,5–5,9. Совершенно не подходят для нее переувлажненные почвы [6, 26]. На кислых почвах может отсутствовать цветение растений, главным образом ввиду токсичности алюминия [37]. Исследования показывают, что уменьшить отрицательное влияние повышенной кислотности на рост ежи сборной можно путем внесения удобрений [42].

Ежа сборная устойчива к пониженным температурам, выпасу, интенсивному скашиванию, характеризуется высокой поедаемостью [28, 29]. В то же время многие исследователи отмечают, что зимние повреждения и гибель являются значимыми проблемами при выращивании ежи на участках с суровыми зимними условиями [18, 61]. Основным фактором, сдерживающим распространение данной культуры в Приморском крае, является ее низкая зимостойкость [19, 22]. Нередко выпадение ежи сборной зимой отмечается на травостоях с внесением повышенных доз азота [9, 10]. Весной она страдает от поздних заморозков, особенно на торфяных почвах [23, 26].

Ежа дает устойчивые урожаи в регионах с годовым количеством осадков 600 мм [37], а при орошении может возделываться и в засушливых регионах [26]. Она устойчива к умеренному дефициту влаги [29], но не терпит плохо дренированных почв [62], близкого залегания грунтовых вод и не переносит затопления свыше 2–5 дней [6]. По данным Д. Ханнавэй и коллег [37], в период покоя она может

выдерживать затопление в течение 2 недель, если температура не превышает +10°C. Ежа более терпима к высокой температуре и засухе, чем райграсс пастбищный, тимофеевка луговая и мятлик луговой (*Poa pratensis* L.), но менее терпима, чем овсяница тростниковая (*Festuca arundinacea* Schreb.) и кострец безостый (*Bromopsis inermis* Holub.).

Исследования, проведенные в Румынии, показывают, что растения ежи имеют умеренные требования к тепловому режиму и потребляют довольно высокое количество влаги. В вегетативную фазу потребление воды ежой сборной составляет 1,5–2,0 мм/сут., а в фазу интенсивного роста и во время цветения потребление увеличивается до 3,0–3,5 мм/сут. [59].

За способность произрастать в тени деревьев в США ежу сборную называют садовой травой. Она превосходит многие травы по теневыносливости [19, 47], поэтому ее нередко высевают в садах и парках [6, 37]. Дерновый способ содержания междурядий сада был экономически более выгодным, чем механическая обработка почвы, способствуя повышению плодородия почвы и урожайности яблок на 15,6% [60]. При выращивании ежи сборной в грушевом саду значительно повышался общий уровень содержания питательных веществ в почве, побегах и листьях плодовых деревьев [70].

*Способы использования и урожайность.* Ежа имеет раннеспелые, промежуточные и позднеспелые сорта. Раннеспелые сорта ценятся на сенокосах, поскольку они часто более продуктивны, чем более поздние сорта [54]. Раннеспелые сорта также хорошо сочетаются с клевером ползучим (*Trifolium repens* L.) [63]. В травосмесях с люцерной (*Medicago sativa* L.) для использования в первом укосе лучше подходят позднеспелые сорта ежи сборной [37].

Ежу рекомендуют скашивать на корм в первом укосе не позднее фазы выметывания и в последующие циклы использования в фазе 4–5 листьев, потому что при задержке со скашиванием содержание питательных веществ, а также степень поедаемости корма снижаются [68]. В центральных областях лесной зоны для организации раннего звена пастбищного конвейера рекомендована травосмесь на основе ежи сборной [14]. Запасы углеводов в еже накапливаются в периоды прохладной влажной погоды и уменьшаются в жаркую и сухую погоду. Уровни резко падают после применения азота и пропорционально его количеству. Когда за обильным азотным удобрением следует период жаркой и сухой погоды, запасы углеводов часто сокращаются до критического уровня. Результатом является плохой восстановительный рост растений [33].

Ежу используют для получения зеленой массы, сена, силоса, а также для выпаса животных. Она совместима в травосмесях с люцерной, лядвенцем рогатым (*Lotus corniculatus* L.) и клеверами (*Trifolium*), райграсом пастбищным, овсяницей тростниковой. Однако необходимо учитывать, что при высеве на пастбищах с менее вкусными травами – такими, как овсяница тростниковая, за счет избирательно стравливания может снижаться долгодетие ежи сборной. При высоком фоне азотного питания она является одной из самых продуктивных трав [37]. Ежа сборная имеет однородный сезонный характер роста, поэтому может быть самым активным потребителем азота и будет обеспечивать наименьший риск потерь азота в окружающую среду [75].

Корни ежи проникаются в почву на глубину до 1 м [20], и длина их в верхнем слое почвы достигает 58 км/м<sup>2</sup> [16]. При выращивании в одновидовых посевах ежа сборная на глубоких почвах с достаточной обеспеченностью влагой может утилизировать около 300 кг N на 1 га [37]. На старовозрастных травостоях, особенно при применении повышенных доз азота, ежа склонна образовывать кочки [26, 71].

В Республике Коми урожайность зеленой массы ежи сборной в среднем за 3 года составила 21,5–23,7 т/га, сухого вещества – 4,7–5,1 т/га, семян – 354–576 кг/га [24], а в условиях муссонного климата Сахалинской области раннеспелый сенокосный тип ежи сборной давал 49,3 и 8,7 т/га в сумме за два укоса зеленой массы и сухого вещества соответственно [25].

Камчатским НИИСХ был создан синтетический сорт ежи сборной Струта с повышенной зимо- и морозостойкостью. Его урожайность находится на уровне стандартного сорта ВИК 61–5 т/га сухого вещества [21]. В более благоприятных климатических условиях Польши ежа сборная за 6 укосов в среднем за 3 года сформировала урожай 14,7 т/га сухого вещества. На минеральной почве урожайность ежи была выше, чем у овсяницы луговой. На органической почве продуктивность обоих видов была одинаковой [64]. В США в среднем за 2 года при трехукосном использовании при увеличении высоты скашивания с 5 до 10 см урожайность сухого вещества снижалась с 8,46 до 7,0 т/га, при шести укосах – с 6,92 до 5,5 т/га [32].

С ежой сборной в определенных экологических условиях может конкурировать овсяница тростниковая. В монокультуре урожайность овсяницы тростниковой была на 9% выше, чем у ежи сборной (значительно больший урожай в 3 из 6 лет выращивания), хотя питательная ценность кормов была одинаковой. Смеси этих трав с люцерной имели одинаковую урожайность, но люцерна вносила больший процент в общий урожай и имела более высокую выживаемость в смесях с овсяницей тростниковой [67].

При выпасе овец в горах Мексики на высоте 2240 м в среднем за 2 года в монокультуре ежа сборная давала только 12,8 т/га сухого вещества, а урожайность травосмесей ежи сборной с райграсом пастбищным и клевером ползучим значительно возрастала – до 20,1–21,0 т/га. Независимо от соотношения видов в высеянных травосмесях летом самый высокий процент приходился на ежу сборную, зимой – на клевер ползучий, а райграс пастбищный имел самую низкую долю участия на протяжении всего периода использования пастбища [55]. Исследования показывают, что пастбища на основе ежи сборной могут также использоваться для гусей, интенсивный выпас которых наиболее отрицательно сказывается на устойчивости трав [36].

Ежа сборная является нитрофильным злаком, способным утилизировать высокие дозы минерального азота. В опыте, где изучали предельно высокие дозы азота, установлено, что урожайность ежи сборной увеличивалась при внесении азота до 600 кг/га и оставалась практически неизменной в диапазоне от 600 до 1500 кг N на 1 га. При максимальных нормах 1800 и 2100 кг/га урожайность резко снижалась. Ожоги листьев были отмечены при 1800 кг N на 1 га [35]. Различные дозы азотных удобрений при внесении под ежу сборную и овсяницу тростниковую имели высокую окупаемость, обеспечивая получение 22–24 кг сухой массы на 1 кг азота [3]. При наличии в травосмесях с ежой более 30% люцерны, клевера лугового (*Trifolium pratense* L.) или клевера ползучего азотные удобрения не применяют [38]. В исследованиях Jones и Тгасу люцерно-ежовая травосмесь давала такой же урожай, как и монокультура ежи сборной, под которую вносили 120 кг азота [41].

*Качество корма.* В одновидовых посевах качество получаемых кормов из ежи сборной в наибольшей степени зависит от фазы вегетации растений и доз азотных удобрений. До выметывания в сухом веществе ежи при достаточной обеспеченности азотом обычно содержится 15–25% сырого протеина [23]. Ежа относится к озимым травам, поэтому во втором и последующих укосах и в циклах стравливания ежа формирует только вегетативные укороченные побеги, характеризующиеся высокой питательностью. В первом укосе за счет значительного участия в урожае

генеративных побегов растения могут содержать повышенное количество сырой клетчатки, особенно при задержке со скашиванием. Раннеспелость ежи сборной представляет возможность начать заготовку кормов из нее в более ранние сроки, чем из других трав, но в производстве по причине неблагоприятных погодных условий в это время нередко скашивание переносят на более поздние фазы вегетации [37, 71]. При задержке со скашиванием качество корма из ежи ниже, чем из райграса пастбищного (*Lolium perenne* L.), который имел более высокую концентрацию сырого протеина и более низкое содержание нейтрально-детергентной клетчатки [39, 40]. Использование позднеспелых форм, достигающих укосной спелости на 2 недели позже, чем селекционные образцы ВИК 61, Ленинградская 853 [11], позволит оптимизировать сроки скашивания и получить высококачественные корма в системе сырьевого конвейера.

Содержание водорастворимых углеводов увеличивалось по мере созревания растений ежи сборной, причем наиболее быстрое увеличение происходило после цветения. При использовании на сено получали корм с более высоким содержанием водорастворимых углеводов в первых двух укосах, но с меньшим содержанием в третьем, чем корм, заготовленный на пастбищной стадии. Ежа, скошенная в 16:00, содержала в среднем на 3 процентных единицы больше сахаров, чем скошенная в 9:00 [31]. Ежа накапливала большее количество  $\alpha$ -линоленовой кислоты по сравнению с люцерной, и наоборот, люцерна содержала больше линолевой кислоты [34]. Кажущаяся усвояемость сырого протеина в сене из ежи сборной была значительно ниже, чем в сене люцерны, а переваримость сырой клетчатки, наоборот, была выше у ежи [56].

## Выводы

Ежа сборная является одной из четырех наиболее значимых в кормопроизводстве злаковых трав. Она характеризуется высокой отавностью, урожайностью, раннеспелостью, долголетием. Ежа имеет хорошую устойчивость к многократному скашиванию и стравливанию, является универсальной культурой, используемой как для заготовки кормов на зимне-стойловый период, так и для выпаса животных. В условиях изменения климата она имеет перспективы расширения своего ареала на территории Российской Федерации благодаря довольно высокой засухоустойчивости.

## Библиографический список

1. *Адоян А.Р.* Долголетние культурные пастбища Йыгеваской государственной селекционной станции. – Таллин: Эстгосиздат, 1955. – 28 с.
2. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию: Официальное издание. – Т. 1. Сорты растений. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2023. – 632 с.
3. *Демина М.И., Соловьев А.В.* Урожайность овсяницы тростниковой и ежи сборной на увлажненных местах при разном уровне азотного питания // *Аграрная Россия*. – 2012. – № 3. – С. 2–4.
4. *Евсеева Г.В., Смирнов С.Н., Камова А.И.* Особенности формирования многолетних злаковых травостоев для пастбищного использования в условиях Карелии // *Кормопроизводство*. – 2017. – № 2. – С. 3–8.
5. *Ермакова И.М., Жукова Л.А., Миронова Л.С.* Динамика ценопопуляций ежи сборной и овсяницы луговой в искусственных фитоценозах Псковской

- области // Биология/экология и взаимоотношение ценопопуляций растений: Материалы конференции. – 1982. – С. 93–96.
6. *Костенко С.И., Кулешов Г.Ф., Клочкова В.С. и др.* Ежа сборная (*Lotus corniculatus* L.) // Основные виды и сорта кормовых культур. – М.: Наука, 2015. – С. 187–190.
7. *Кулаковская Т.В., Лайдинен Г.Ф., Ларионова Н.П., Батова Ю.В.* Сукцессии луговых травостоев на мелиорируемых землях Европейского Севера // Мелиорация. – 2008. – № 1. – С. 159–166.
8. *Кутузова А.А., Морозова З.В., Воробьев Е.С. и др.* Культурные пастбища в молочном скотоводстве. – М.: Колос, 1974. – 272 с.
9. *Лазарев Н.Н., Костикова Т.В., Беленков А.И.* Влияние азотных удобрений на урожайность пастбищных травосмесей на основе райграса пастбищного, ежи сборной и клевера ползучего // Плодородие. – 2016. – № 3. – С. 212–24.
10. *Лазарев Н.Н., Кухаренкова О.В., Куренкова Е.М., Бойцова А.Ю.* Устойчивость клевера ползучего (*TRIFOLIUM REPENS* L.) в сеяных травостоях в зависимости от их состава, кратности скашивания и азотных удобрений // Известия ТСХА. – 2021. – № 5. – С. 118–130.
11. *Мальшева Н.Ю., Нагиев Т.Б., Ковалёва Н.В., Мальшев Л.Л.* Изучение продуктивности ежи сборной (*Dactylis glomerata* L.) в условиях Ленинградской области // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. – 2019. – № 4 (101). – С. 69.
12. *Миркин Б.М., Горская Т.Г., Григорьев И.Н.* О влиянии ценоотического окружения на биоморфологические параметры овсяницы луговой и ежи сборной // Рост, развитие и семенная продуктивность травянистых кормовых растений / МВ и ССО РСФСР, Уральский государственный университет им. А.М. Горького. – Свердловск: УрГУ, 1987. – С. 94–104.
13. *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.
14. *Привалова К.Н., Тебердиев Д.М.* Создание и использование культурных пастбищ для молочного скота // Кормопроизводство: проблемы и пути решения. – М., 2007. – С. 61–68.
15. *Привалова К.Н., Каримов Р.Р.* Конструирование долголетних пастбищных фитоценозов на основе райграса пастбищного (*Lolium perenne*) и фестулолиума (*Festulolium*) // Кормопроизводство. – 2016. – № 10. – С. 26–29.
16. *Работнов Т.А.* Биологические и экологические основы рационального использования и улучшения сенокосов и пастбищ // Сенокосы и пастбища. – Л.: Колос, 1969. – С. 10–83.
17. *Руденко Е.В., Башлаков Н.Ф.* Изменение видового состава и продуктивности различных злаковых травосмесей при интенсивном сенокосном использовании // Ботаника (исследования). – Минск, 1981. – Вып. 23. – С. 142–146.
18. *Сау А.* Интенсивное выращивание многолетних трав в Эстонской ССР // Материалы Всесоюзного семинара по использованию сенокосов и пастбищ при интенсивном ведении лугопастбищного хозяйства. – Вильнюс, 1974. – С. 38–45.
19. *Скалозуб О.М., Клочкова Н.Л.* Оценка исходного материала для селекции ежи сборной в условиях Приморского края // Вестник НГАУ. – 2021. – № 3 (60). – С. 57–64.
20. *Смелов С.П.* Теоретические основы луговодства. – М.: Колос, 1966. – 368 с.

21. Стружкина Т.М., Иващенко Н.Н., Кочнева М.Б. Биологический потенциал и зимостойкость нового сорта ежи сборной Струта // Кормопроизводство. – 2015. – № 7. – С. 25–28.
22. Теличко О.Н., Галабурдина В.П. Исходный материал сортов ежи сборной для селекции // Аграрный вестник Приморья. – 2018. – № 2 (10). – С. 15–18.
23. Тоомре Р.И. Долголетние культурные пастбища. – М.: Колос, 1966. – 400 с.
24. Тулинов А.Г., Косолапова Т.В. Сравнительная оценка отечественных и зарубежных образцов ежи сборной в условиях Северного региона // Вестник НГАУ. – 2019. – № 3. – 67–73.
25. Чувилина В.А. Преимущества хозяйственно-полезных свойств селекционного номера ежи сборной СН-1/2 в предварительном сортоиспытании // Кормопроизводство. – 2018. – № 11. – С. 38–41.
26. Шпаков А.С. Системы кормопроизводства Центральной России: молочно-мясное животноводство: монография. – М.: РАН, 2018. – 272 с.
27. Annese V., Cazzato E., Corleto A. Quantitative and Qualitative Traits of Natural Ecotypes of Perennial Grasses (*Dactylis glomerata* L., *Festuca arundinacea* Schreb., *Phalaris tuberosa* L., *Brachypodium rupestre* (Host) R. et S.) Collected in Southern Italy // Genetic Resources and Crop Evolution. – 2006. – Vol. 53. – Pp. 431–441.
28. Ayan I., Mut H., Asci O.O., Basaran U. et al. Morphological traits of orchard grass accessions in Black Sea Region of Turkey // Options Méditerranéennes the Contributions of Grasslands to the Conservation of Mediterranean Biodiversity. – 2010. – Vol. 92. – Pp. 121–124.
29. Borawska-Jarmulowicz B. Zróżnicowanie fenologiczne odmian *Dactylis glomerata* wysianych w dwóch rozstawnych rzędach w 3-letnim okresie użytkowania // Łąkarstwo w Polsce. – 2006. – Vol. 9. – Pp. 19–32.
30. Borawska-Jarmulowicz B., Mastalerczuk G., Janicka M., Wróbel B. Effect of Silicon-Containing Fertilizers on the Nutritional Value of Grass–Legume Mixtures on Temporary Grasslands // Agriculture. – 2022. – Vol. 12. – Pp. 1–15.
31. Bowden D.M., Taylor D.K., Davis W.E.P. Water-soluble carbohydrates in orchardgrass and forages // Canadian Journal of Plant Science. – 1968. – Vol. 48, № 1. – Pp. 9–15.
32. Brink G.E., Casler M.D., Martin N.P. Meadow Fescue, Tall Fescue, and Orchardgrass Response to Defoliation Management // Agronomy Journal. – 2010. – Vol. 102, Is. 2. – Pp. 667–674.
33. Colby W., Drake M., Oohara H., Yoshida N. // Carbohydrate reserves in orchardgrass Int. Grassl. Congr., Proc., 10th (Helsinki.). – 1966. – Pp. 151–155.
34. Dierking R.M., Kallenbach R.L., Roberts C.A. Forage & Grazingland Fatty Acid Profiles of Orchardgrass, Tall Fescue, Perennial Ryegrass, and Alfalfa // Crop Science. – 2010. – Vol. 50, Is. 1. – Pp. 391–402.
35. Donohue S.J., Bula R.J., Holt D.A., Rhykerd C.L. Morphological Development, Yield, and Chemical Composition of Orchardgrass at Several Soil Nitrogen Levels // Agronomy Journal. – 1981. – Vol. 73, Is. 1. – Pp. 5–9.
36. Elverland E., Dalmannsdottir S., Tombre I., Jorgensen M. Coexistence of geese and grassland – new grassland mixtures tolerating geese grazing // Grassland Science in Europe. – 2022. – Vol. 27. – С. 367–369.
37. Hannaway D., Fransen S., Cropper J., Teel M. et al. Orchardgrass (*Dactylis glomerata* L.). – Oregon State University, 1999. – 18 p.
38. Henning J., Risner Orchardgrass N. University of Missouri and Lincoln University. – Columbia, Missouri, 1988. – 4 p.
39. Jensen K.B., Asay K.H., Waldron B.L. Dry matter production of orchardgrass and perennial ryegrass at five irrigation levels // Crop Sci. – 2001. – Vol. 41 (2) – Pp. 479–487.

40. *Jensen K.B., Waldron B.L., Asay K.H., Johnson D.A. et al.* Forage nutritional characteristics of orchardgrass and perennial ryegrass at five irrigation levels // *Agron. J.* – 2003. – Vol. 95. – Pp. 668–675.
41. *Jones G.B., Tracy B.F.* Persistence and productivity of orchardgrass and orchardgrass/alfalfa mixtures as affected by cutting height // *Grass and Forage Science.* – 2018. – Vol. 73 (2). – Pp. 544–552.
42. *Kakahara H., Ogura S.* Effect of soil acidification on regrowth of orchardgrass (*Dactylis glomerata*) under application of grazing cattle dung, cattle manure compost, and chemical fertilizer // *Grassland Science.* – 2022. – Vol. 68, Is. 3. – Pp. 255–262.
43. *Kitahara N., Yoshimura Y., Suzuki S.* Natural reseeding by some temperature grass species. 4. The trial natural reseeding method to the improvement of orchard grass-red top (*Dactylis glomerata* – *Agrostis alba*) pastures // *J. Japan. Soc. Grassland Sci.* – 1986. – Vol. 32, № 3. – Pp. 189–196.
44. *Kitahara N., Yoshimura Y., Suzuki S.* Grassland renovation by taking advantage of natural reseeding // *JARQ.* – 1989. – Vol. 23, № 2. – Pp. 115–120.
45. *Li S., Nie Z., Zhang D.* Competition between cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.) and companion species: Evidence for allelopathy // *Field Crops Research.* – 2016. – Vol. 196. – Pp. 452–462.
46. *Lindner R., Garcia A.* Geographic distribution and genetic resources of *Dactylis* in Galicia (northwest Spain) // *Genetic Resources and Crop Evolution.* – 1997. – Vol. 44. – Pp. 499–507.
47. *Lindner R., Lema M., Garcia A.* Extended genetic resources of *Dactylis glomerata* ssp. *izcoi* in Galicia (Northwest Spain) // *Genet. Resour. Crop Evol.* – 2004. – Vol. 51 (4). – Pp. 437–442.
48. *Lolicato S., Rumball W.* Past and present improvement of cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.) in Australia and New Zealand. New Zealand // *Journal of Agricultural Research.* – 1994. – Vol. 37, № 3. – Pp. 379–390.
49. *Mălinaș A., Rotar I., Vidican R., Păcurar F., Nagy M.* Study on DM production and floristic composition of a complex forage mixture // *Romanian Journal of Grassland and Forage Crops.* – 2014. – Vol. 10. – Pp. 25–32.
50. *Martin R.C., Martin R.R., Putnam M.L.* First report of cocksfoot mottle virus infecting *Dactylis glomerata* in forage production fields in California // *Plant Disease.* – 2018. – Vol. 102 (10). <https://doi.org/10.1094/PDIS-02-18-0277-PDN>.
51. *Mika V., Kohoutek A., Odstřelová V.* Characteristics of important diploid and tetraploid subspecies of *Dactylis* from point of view of the forage crop production // *Rostlinná Výroba.* – 2002. – Vol. 48 (6). – Pp. 243–248.
52. *Mizuno K., Shioya S., Fujimoto F., Sugita S.I.* Varietal differences in palatability of orchardgrass (*Dactylis glomerata* L.) and breeding for palatability and quality // *Japan Agricultural Research Quarterly.* – 2000. – Vol. 34, Is. 1. – Pp. 55–62.
53. *Novák J.* Persistency of *Dactylis glomerata* in grassland // *Rostlinna Vyroba.* – 2001. – Vol. 47 (9). – Pp. 383–388.
54. *Papadopoulos Y.A., Price M.A., Laflamme L.F., Fulton N.R. et al.* Differences among orchardgrass cultivars in response to hay and rotational grazing management // *Can. J. Plant Sci.* – 1995. – Vol. 75. – Pp. 147–157.
55. *Peralta M.D.L.Á.M., García A.R.R., Salado N.T., Pérez J.H.* Productivity of orchardgrass (*Dactylis glomerata* L.) alone and associated with perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) and white clover (*Trifolium repens* L.) // *Bras. Zootec.* – 2017. – Vol. 46 (12). – Pp. 890–895.
56. *Poulton B.R., Macdonald G.J., Vander G.W.* Noot The Effect of Nitrogen Fertilization on the Nutritive Value of Orchardgrass Hay // *Journal of Animal Science.* – 1957. – Vol. 16, Is. 2. – Pp. 462–466.

57. Radu F., Ahmadi M., Cojocariu L., Marian F. et al. Genotype-biostimulations interactions in some high quality active principles appearance for alfalfa // Research Journal of Agricultural Science. – 2010. – Vol. 42 (1). – Pp. 526–530.
58. Rechițean D., Rechițean I.I. Behavior of some legumes species in complex forage mixtures // Life Science and Sustainable Development. – 2021. – Vol. 2, № 1. – Pp. 159–165.
59. Rechițean D., Bostan C., Istrate-Schiller C., Horablaga N.M. et al. Performance of the *Dactylis glomerata* L. species in the conditions of A.R.D.S. Lovrin // Life Science and Sustainable Development. – 2022. – Vol. 3, № 1. – Pp. 129–136.
60. Ren J., Li F., Yin C. Orchard grass safeguards sustainable development of fruit industry in China // Journal of Cleaner Production. – 2023. – Vol. 382. DOI: 10.1016/j.jclepro.2022.135291.
61. Robins J.G., Jensen K.B., Buffham J.R., Bushman B.S. et al. ‘USDA-Yeti’ orchardgrass (*Dactylis glomerata* L.), a new orchardgrass cultivar that combines excellent winterhardiness and agronomic performance // Journal of Plant Registrations. – 2023. – Vol. 17, Is. 3. – Pp. 478–482.
62. Sanada Y., Gras M.–C., van Santen E. Cocksfoot // In: Fodder Crops and Amenity Grasses; Boller B., Posselt U.K., Veronesi F. (eds.). – New York, USA: Springer, 2010. – Pp. 317–328.
63. Sanderson M.A., Elwinger G.F. Plant density and environment effects on orchardgrass-white clover mixtures // Crop Sci. – 2002. – Vol. 42. – Pp. 2055–2063.
64. Sosnowski J., Jankowski K., Domański P., Herda D. Dry matter yield of different varieties of *Dactylis glomerata* and *Festuca pratensis* // Journal of Ecological Engineering. – 2015. – Vol. 16, Is. 3. – Pp. 211–216.
65. Stewart A.V., Ellison N.W. *Dactylis*. Wild crop relatives: Genomic and breeding resources: Millets and grasses // *Dactylis*. – Edited by: Kole C. Berlin Heidelberg, Germany: Springer, 2011 – Pp. 73–87.
66. Sugiyama S. Geographical distribution and phenotypic differentiation in populations of *Dactylis glomerata* L. in Japan // Plant Ecology. – 2002. – Vol. 169. – Pp. 295–305.
67. Thompson D. Yield and nutritive value of irrigated tall fescue compared with orchardgrass: In monocultures or mixed with alfalfa // Canadian Journal of Plant Science. – 2013. – Vol. 93. – Pp. 799–807.
68. Turner L.R., Donaghy D.J., Lane P.A., Rawnsley R.P. Effect of defoliation management, based on leaf stage, on perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.), prairie grass (*Bromus willdenowii* Kunth.) and cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.) under dryland conditions. 1. Regrowth, tillering and water-soluble carbohydrate concentration // Grass and Forage Science. – 2006. – Vol. 61. – Pp. 164–174.
69. Van Santen E., Sleper D.A. Orchardgrass. In Cool-Season Forage Grasses // Wiley Online Library: Hoboken, NJ, USA. – 1996. – Pp. 503–534.
70. Wang Z., Liu R., Fu L., Tao S. et al. Effects of Orchard Grass on Soil Fertility and Nutritional Status of Fruit Trees in Korla Fragrant Pear Orchard // Horticulturae. – 2023. – Vol. 9 (8). – 903. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9080903>.
71. Washko J.B., Jung G.A., Decker A.M., Wakefield R.C. et al. Management and Productivity of Perennial Grasses in the Northeast: III. Orchardgrass // Virginia University Agricultural Experiment Station. Bulletin 557T. – 1967. – 48 p.
72. Wilkins P.W., Humphreys M.O. Progress in breeding perennial forage grasses for temperate agriculture // J. Agric. Sci. – 2003. – Vol. 140. – Pp. 129–150.
73. Wu J., Yan L., Zhao J., Peng J. et al. Modeling Climate Change Indicates Potential Shifts in the Global Distribution of Orchardgrass // Agronomy. – 2023. – Vol. 13 (8). – Pp. 1–17.

74. Yang Z., Maruyama J., Fukunaga K. Ecological studies on natural reseeding in pastures. 1. The realities of natural reseeding and it's necessity related to vegetational changes of orchardgrass (*Dactylis glomerata* L.) pastures in cold area // J. Japan. Soc. Grassland Sc. – 1986. – Vol. 32, № 3. – Pp. 211–217.

75. Zemenchik R.A., Albrecht K.A. Nitrogen Use Efficiency and Apparent Nitrogen Recovery of Kentucky Bluegrass, Smooth Bromegrass, and Orchardgrass // Agronomy Journal. – 2002. – Vol. 94, Is. 3. – Pp. 421–428.

## ORCHARDGRASS (*DACTYLIS GLOMERATA* L.) AS AN UNIVERSAL FORAGE CROP IN ADAPTIVE GRASSLAND FARMING (REVIEW)

N.N. LAZAREV, A.V. SHITIKOVA, E.M. KURENKOVA,  
O.V. KUKHARENKOVA, S.A. DIKAREVA, A.R. TYAZHKOROB

(Russian State Agrarian University – Moscow State Agricultural Academy)

*The review summarizes the results of domestic and foreign literature on the biological and ecological characteristics and use of orchardgrass in forage production. In Russia and the world, the orchardgrass is one of the most widespread species in natural and seeded meadows. With a sufficient supply of nitrogen, it surpasses other grasses in terms of competitiveness and yield, producing 5 to 12 t/ha of dry matter in different regions of Russia. Under optimal conditions of use, its productive longevity is 8 to 10 years or more. Orchardgrass provides 3 to 5 cuttings per season and is resistant to animal grazing. It provides the earliest fodder in the spring in the green mowing system. Orchardgrass is highly aggressive and will quickly displace other grasses from a sward, so it is often grown in monoculture. It has good foliage and accumulates 15 to 25% crude protein when used before the heading phase. Orchardgrass is superior to meadow fescue, perennial ryegrass, and timothy in terms of drought resistance, but like ryegrass it can be thinned out in the winter-spring period under unfavorable overwintering conditions, and has poor resistance to flooding and near groundwater. Its high shade tolerance makes it suitable for inter-row sowing in turf-humus orchards. This improves soil fertility and fruit quality. Under conditions of climate warming, orchardgrass may expand its range in Russia.*

**Keywords:** orchard grass, productivity, recovery ability, longevity, drought resistance, winter hardiness, nutritional value.

### References

1. Adoyan A.R. Long-term cultivated pastures of the Yygeva State Breeding Station. Tallin, USSR: Estgosizdat, 1955:28. (In Russ.)
2. The State Register of Breeding Achievements Approved for Use. Vol. 1. "Plant Varieties" (official edition). Moscow, Russia: FGBNU "Rosinformagrotekh", 2023:632. (In Russ.)
3. Demina M.I., Solov'ev A.V. Yield of reed fescue and orchardgrass on moistened sites at different levels of nitrogen nutrition. *Agrarnaya Rossiya*. 2012;3(2012):2–4. (In Russ.)
4. Evseeva G.V., Smirnov S.N., Kamova A.I. Developing perennial gramineous swards for cattle grazing in Karelia. *Kormoproizvodstvo*. 2017;2:3–8. (In Russ.)
5. Ermakova I.M., Zhukova L.A., Mironova L.S. Dynamics of price populations of orchardgrass and meadow fescue in artificial phytocenoses of the Pskov region. *Konferentsiya k 80-letiyu so dnya rozhdeniya A.A. Uranova "Biologiya, ekologiya i vzaimootnoshenie tsenopopulyatsii rasteniy"*, January 29, 1981. Moscow, Russia: Nauka, 1982:93–96. (In Russ.)

6. Kostenko S.I., Kuleshov G.F., Klochkova V.S., Kostenko N.Yu. Orchardgrass (*Lotus corniculatus* L.). In: *Main species and varieties of forage crops*: monograph. Moscow, Russia: Nauka, 2015:187–190. (In Russ.)
7. Kulakovskaya T.V., Laidinen G.F., Larionova N.P., Batova J.V. Syngenetic Units of Meadow Herbage in Drained Soils of European North Site. *Land Reclamation*. 2008;(1):159–166. (In Russ.)
8. Kutuzova A.A., Morozova Z.V., Vorob'ev E.S. et al. *Cropped pastures in dairy farming*. Moscow, USSR: Kolos, 1974:272. (In Russ.)
9. Lazarev N.N., Kostikova T.V., Belenkov A.I. Effect of nitrogen fertilisers on productivity of pasture grass mixtures composed of perennial ryegrass, cocksfoot, and creeping clover. *Plodorodie*. 2016;3:212–24. (In Russ.)
10. Lazarev N.N., Kukharenkova O.V., Kurenkova E.M., Boytsova A.Yu. Sustainability of white clover (*TRIFOLIUM REPENS* L.) in sown swards depending on their composition, intensity mowing and nitrogen fertilizers. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy (TAA)*. 2021;(5):118–130. (In Russ.)
11. Malysheva N.Yu., Nagiev T.B., Kovalyova N.V., Malyshev L.L. Study of the productivity of orchardgrass (*Dactylis glomerata* L.) in the conditions of the Leningrad region. *Tekhnologii i tekhnicheskie sredstva mekhanizirovannogo proizvodstva produktsii rastenievodstva i zhivotnovodstva*. 2019;4(101):69. (In Russ.)
12. Mirkin B.M., Gorskaya T.G., Grigor'ev I.N. On effect of cenotic environment on biomorphological parameters of meadow fescue and orchardgrass. In: *Rost, razvitie i semennaya produktivnost' travyanistykh kormovykh rasteniy*. Sverdlovsk, USSR: UrGU, 1987:94–104. (In Russ.)
13. Saprykin S.V., Zolotarev V.N., Ivanov I.S., Stepanova G.V. et al. *Scientific bases of breeding and seed production of perennial grasses in the Central Black Earth Region of Russia*: Scientific edition. Voronezh, Russia: OAO “Voronezhskaya oblastnaya tipografiya”, 2020:496. (In Russ.)
14. Privalova K.N., Teberdiev D.M. Establishment and utilisation of cultivated pastures for dairy cattle. In: *Fodder production: problems and solutions*. Moscow, Russia: Rosinformagrotech, 2007:61–68. (In Russ.)
15. Privalova K.N., Karimov R.R. developing long-term phytocenoses on the base of perennial ryegrass (*Lolium perenne*) and festulolium (*Festulolium*). *Kormoproizvodstvo*. 2016;10:26–29. (In Russ.)
16. Rabotnov T.A. *Biological and ecological bases of rational use and improvement of hayfields and pastures*. Hayfields and pastures. Leningrad, USSR: Kolos, 1969:10–83. (In Russ.)
17. Rudenko E.V., Bashlakov N.F. *Changes in the species composition and productivity of different cereal grasses under intensive haying*. Minsk, USSR: Botanika: Issledovaniya, 1981;23:142–146. (In Russ.)
18. Sau A. Intensive cultivation of perennial grasses in the Estonian SSR. *Vsesoyuzniy seminar po ispol'zovaniyu senokosov i pastbishch pri intensivnom vedenii lugopastbishchnogo khozyaystva*. Vilnius, USSR, 1974:38–45. (In Russ.)
19. Skalozub O.M., Klochkova N.L. Evaluation of source material for selection *Dactylis glomerata* in Primorsky Region conditions. *Bulletin of NSAU (Novosibirsk State Agrarian University)*. 2021;(3):57–64. (In Russ.)
20. Smelov S.P. *Theoretical bases of grassland production*. Moscow, USSR: Kolos, 1966:368. (In Russ.)
21. Struzhkina T.M., Ivashchenko N.N., Kochneva M.B. The biological potential and winter hardiness of a new cock's-foot variety 'Struta'. *Kormoproizvodstvo*. 2015;7:25–28. (In Russ.)

22. Telichko O.N., Galaburdina V.P. The initial material of varieties of *Dactylis glomerata* L. for selection. *Agrarian Newsletter of Primoriye*. 2018;2(10):15–18. (In Russ.)
23. Toomre R.I. *Long-term cultivated pastures*. Moscow, USSR: Kolos, 1966:400. (In Russ.)
24. Tulinov A.G., Kosolapova T.V. Comparative assessment of national and foreign samples of cocksfoot grass in the Northern region. *Bulletin of NSAU (Novosibirsk State Agrarian University)*. 2019;(3):67–73. (In Russ.)
25. Chuvilina V.A. Preliminary trial of cocksfoot genotype SN-1/2 as a carrier of economically important traits. *Kormoproizvodstvo*. 2018;11:38–41. (In Russ.)
26. Shpakov A.S. *Forage production systems in Central Russia: dairy and beef cattle breeding*. Moscow, Russia: RAN, 2018:272. (In Russ.)
27. Annese V., Cazzato E., Corleto A. Quantitative and Qualitative Traits of Natural Ecotypes of Perennial Grasses (*Dactylis glomerata* L., *Festuca arundinacea* Schreb., *Phalaris tuberosa* L., *Brachypodium rupestre* (Host) R. et S.) Collected in Southern Italy. *Genetic Resources and Crop Evolution*. 2006;53:431–441.
28. Ayan I., Mut H., Asci O.O., Basaran U. et al. Morphological traits of orchard grass accessions in Black Sea Region of Turkey. *Options Méditerranéennes the Contributions of Grasslands to the Conservation of Mediterranean Biodiversity*. 2010;92:121–124.
29. Borawska-Jarmułowicz B. Zróżnicowanie fenologiczne odmian *Dactylis glomerata* wysianych w dwóch rozstawnych rzędach w 3-letnim okresie użytkowania. *Łąkarstwo w Polsce*. 2006;9:19–32. (In Polish)
30. Borawska-Jarmułowicz B., Mastalerczuk G., Janicka M., Wróbel B. Effect of Silicon-Containing Fertilizers on the Nutritional Value of Grass–Legume Mixtures on Temporary Grasslands. *Agriculture*. 2022;12:1–15.
31. Bowden D.M., Taylor D.K., Davis W.E.P. Water-soluble carbohydrates in orchardgrass and forages. *Canadian Journal of Plant Science*. 1968;48(1):9–15.
32. Brink G.E., Casler M.D., Martin N.P. Meadow Fescue, Tall Fescue, and Orchardgrass Response to Defoliation Management. *Agronomy Journal*. 2010;102(2):667–674.
33. Colby W., Drake M., Oohara H., Yoshida N. Carbohydrate reserves in orchardgrass. *Int. Grassl. Congr., 10th (Helsinki)*. 1966:151–155.
34. Dierking R.M., Kallenbach R.L., Roberts C.A. Forage & Grazingland Fatty Acid Profiles of Orchardgrass, Tall Fescue, Perennial Ryegrass, and Alfalfa. *Crop Science*. 2010;50(1):391–402.
35. Donohue S.J., Bula R.J., Holt D.A., Rhykerd C.L. Morphological Development, Yield, and Chemical Composition of Orchardgrass at Several Soil Nitrogen Levels. *Agronomy Journal*. 1981;73(1):5–9.
36. Elverland E., Dalmannsdottir S., Tombre I., Jorgensen M. Coexistence of geese and grassland – new grassland mixtures tolerating geese grazing. *Grassland Science in Europe*. 2022;27:367–369.
37. Hannaway D., Fransen S., Cropper J., Teel M. et al. *Orchardgrass (Dactylis glomerata L.)*. Corvallis, Oregon, USA: Oregon State University, 1999:18.
38. Henning J., Risner N. *Orchardgrass*. Jefferson City, Missouri, USA: University of Missouri and Lincoln University, 1988:4.
39. Jensen K.B., Asay K.H., Waldron B.L. Dry matter production of orchardgrass and perennial ryegrass at five irrigation levels. *Crop Sci*. 2001;41(2):479–487.
40. Jensen K.B., Waldron B.L., Asay K.H., Johnson D.A. et al. Forage nutritional characteristics of orchardgrass and perennial ryegrass at five irrigation levels. *Agron. J*. 2003;95:668–675.

41. Jones G.B., Tracy B.F. Persistence and productivity of orchardgrass and orchardgrass/alfalfa mixtures as affected by cutting height. *Grass and Forage Science*. 2018;73(2):544–552.
42. Kakihara H., Ogura S. Effect of soil acidification on regrowth of orchardgrass (*Dactylis glomerata*) under application of grazing cattle dung, cattle manure compost, and chemical fertilizer. *Grassland Science*. 2022;68(3):255–262.
43. Kitahara N., Yoshimura Y., Suzuki S. Natural reseeding by some temperature grass species. 4. The trial natural reseeding method to the improvement of orchard grass-red top (*Dactylis glomerata* – *Agrostis alba*) pastures. *J. Japan. Soc. Grassland Sci.* 1986;32(3):189–196.
44. Kitahara N., Yoshimura Y., Suzuki S. Grassland renovation by taking advantage of natural reseeding. *JARQ*. 1989;23(2):115–120.
45. Li S., Nie Z., Zhang D. Competition between cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.) and companion species: Evidence for allelopathy. *Field Crops Research*. 2016;196:52–462.
46. Lindner R., Garcia A. Geographic distribution and genetic resources of *Dactylis* in Galicia (northwest Spain). *Genetic Resources and Crop Evolution*. 1997;44:499–507.
47. Lindner R., Lema M., Garcia A. Extended genetic resources of *Dactylis glomerata* ssp. *izcoi* in Galicia (Northwest Spain). *Genet. Resour. Crop Evol.* 2004;51 (4):437–442.
48. Lolicato S., Rumball W. Past and present improvement of cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.) in Australia and New Zealand. New Zealand. *Journal of Agricultural Research*. 1994;37(3):379–390.
49. Mălinaș A., Rotar I., Vidican R., Păcurar F., Nagy M. Study on DM production and floristic composition of a complex forage mixture. *Romanian Journal of Grassland and Forage Crops*. 2014;10:25–32.
50. Martin R.C., Martin R.R., Putnam M.L. First report of cocksfoot mottle virus infecting *Dactylis glomerata* in forage production fields in California. *Plant Disease*. 2018;102(10). <https://doi.org/10.1094/PDIS-02-18-0277-PDN>
51. Míka V., Kohoutek A., Odstrěilová V. Characteristics of important diploid and tetraploid subspecies of *Dactylis* from point of view of the forage crop production. *Rostlinná Výroba*. 2002;48(6):243–248.
52. Mizuno K., Shioya S., Fujimoto F., Sugita S.I. Varietal differences in palatability of orchardgrass (*Dactylis glomerata* L.) and breeding for palatability and quality. *Japan Agricultural Research Quarterly*. 2000;34(1):55–62.
53. Novák J. Persistency of *Dactylis glomerata* in grassland. *Rostlinna Výroba*. 2001;47(9):383–388.
54. Papadopoulos Y.A., Price M.A., Laflamme L.F., Fulton N.R. et al. Differences among orchardgrass cultivars in response to hay and rotational grazing management. *Can. J. Plant Sci.* 1995;75:147–157.
55. Peralta M.D.L.Á.M., García A.R.R., Salado N.T., Pérez J.H. Productivity of orchardgrass (*Dactylis glomerata* L.) alone and associated with perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) and white clover (*Trifolium repens* L.). *Bras. Zootec.* 2017;46(12):890–895.
56. Poulton B.R., Macdonald G.J., Vander Noot G.W. The Effect of Nitrogen Fertilization on the Nutritive Value of Orchardgrass Hay. *Journal of Animal Science*. 1957;16(2):462–466.
57. Radu F., Ahmadi M., Cojocariu L., Marian F. et al. Genotype-biostimulations interactions in some high quality active principles appearance for alfalfa. *Research Journal of Agricultural Science*. 2010;42(1):526–530.
58. Rechițean D., Rechițean I.I. Behavior of some legumes species in complex forage mixtures. *Life Science and Sustainable Development*. 2021;2(1):159–165.

59. Rechitean D., Bostan C., Istrate-Schiller C., Horablaga N.M. et al. Performance of the *Dactylis glomerata* L. species in the conditions of A.R.D.S. Lovrin. *Life Science and Sustainable Development*. 2022;3(1):129–136.
60. Ren J., Li F., Yin C. Orchard grass safeguards sustainable development of fruit industry in China. *Journal of Cleaner Production*. 2023;382. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.135291>
61. Robins J.G., Jensen K.B., Buffham J.R., Bushman B.S. et al. ‘USDA-Yeti’ orchardgrass (*Dactylis glomerata* L.), a new orchardgrass cultivar that combines excellent winterhardiness and agronomic performance. *Journal of Plant Registrations*. 2023;17(3):478–482.
62. Sanada Y., Gras M. – C., Van Santen E. Cocksfoot. In: *Boller B., Posselt U.K., Veronesi F. (eds.) Fodder Crops and Amenity Grasses*. Springer: New York, NY, USA, 2010:317–328.
63. Sanderson M.A., Elwinger G.F. Plant density and environment effects on orchardgrass-white clover mixtures. *Crop Sci*. 2002;42:2055–2063.
64. Sosnowski J., Jankowski I.K., Domański P., Herda D. Dry matter yield of different varieties of *Dactylis glomerata* and *Festuca pratensis*. *Journal of Ecological Engineering*. 2015;16(3):211–216.
65. Stewart A.V., Ellison N.W. *Dactylis*. Wild crop relatives: Genomic and breeding resources: Millets and grasses. In: *Dactylis*. Ed. by: C. Kole. Berlin Heidelberg, Germany: Springer, 2011:73–87.
66. Sugiyama S. Geographical distribution and phenotypic differentiation in populations of *Dactylis glomerata* L. in Japan. *Plant Ecology*. 2002;169:295–305.
67. Thompson D. Yield and nutritive value of irrigated tall fescue compared with orchardgrass: In monocultures or mixed with alfalfa. *Canadian Journal of Plant Science*. 2013;93:799–807.
68. Turner L.R., Donaghy D.J., Lane P.A., Rawnsley R.P. Effect of defoliation management, based on leaf stage, on perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.), prairie grass (*Bromus willdenowii* Kunth.) and cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.) under dryland conditions. 1. Regrowth, tillering and water-soluble carbohydrate concentration. *Grass and Forage Science*. 2006;61:164–174.
69. Van Santen E., Sleper D.A. Orchardgrass. In: *Cool-Season Forage Grasses*. Wiley Online Library: Hoboken, NJ, USA. 1996:503–534.
70. Wang Z., Liu R., Fu L., Tao S. et al. Effects of Orchard Grass on Soil Fertility and Nutritional Status of Fruit Trees in Korla Fragrant Pear Orchard. *Horticulturae*. 2023;9(8):903. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9080903>
71. Washko J.B., Jung G.A., Decker A.M., Wakefield R.C. et al. *Management and Productivity of Perennial Grasses in the Northeast*: Ill. Orchardgrass. Virginia University Agricultural Experiment Station. Bulletin 557T, 1967:48.
72. Wilkins P.W., Humphreys M.O. Progress in breeding perennial forage grasses for temperate agriculture. *J. Agric. Sci*. 2003;140:129–150.
73. Wu J., Yan L., Zhao J., Peng J. et al. Modeling Climate Change Indicates Potential Shifts in the Global Distribution of Orchardgrass. *Agronomy*. 2023;13 (8):1–17.
74. Yang Z., Maruyama J., Fukunaga K. Ecological studies on natural reseeding in pastures. 1. The realities of natural reseeding and its necessity related to vegetational changes of orchardgrass (*Dactylis glomerata* L.) pastures in cold area. *J. Japan. Soc. Grassland Sc*. 1986;32(3):211–217.
75. Zemenchik R.A., Albrecht K.A. Nitrogen Use Efficiency and Apparent Nitrogen Recovery of Kentucky Bluegrass, Smooth Bromegrass, and Orchardgrass. *Agronomy Journal*. 2002;94(3):421–428.

## Сведения об авторах

**Лазарев Николай Николаевич**, д-р с.-х. наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия имени К.А. Тимирязева», кафедра растениеводства и луговых экосистем; 127434, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49, e-mail: kucharaov@gmail.com, тел.: (499) 976–10–05; e-mail: lazarevnick2012@gmail.com

**Шитикова Александра Васильевна**, д-р с.-х. наук, профессор, заведующий кафедрой растениеводства и луговых экосистем, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49, e-mail: kucharaov@gmail.com, тел.: (499) 976–13–75; e-mail: plant@rgau-msha.ru

**Куренкова Евгения Михайловна**, канд. с.-х. наук, доцент, ассистент, кафедра растениеводства и луговых экосистем, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия имени К.А. Тимирязева»; 127434, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49, e-mail: kucharaov@gmail.com, тел.: (499) 976–10–05; e-mail: ekurenkova@rgau-msha.ru

**Кухаренкова Ольга Владимировна**, канд. с.-х. наук, доцент, кафедра растениеводства и луговых экосистем, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия имени К.А. Тимирязева»; 127434, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49, e-mail: okuharenkova@rgau-msha.ru; тел.: (499) 976–10–05;

**Дикарева Светлана Александровна**, аспирант, ассистент кафедры растениеводства и луговых экосистем, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия имени К.А. Тимирязева»; 127434, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: dikareva@rgau-msha.ru; тел.: (499) 976–10–05

**Тяжкороб Андрей Романович**, ассистент кафедры растениеводства и луговых экосистем, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия имени К.А. Тимирязева»; 127434, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: tyazhkorob@rgau-msha.ru; тел.: (499) 976–10–05

## Information about the authors

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

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

**Evgeniya M. Kurenkova**, CSc (Agr), Associate Professor, Assistant at the Department of Crop Production and Meadow Ecosystems, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation; phone: (499) 976–10–05; e-mail: ekurenkova@rgau-msha.ru)

**Olga V. Kukharekova**, CSc (Agr), Associate Professor, Associate Professor at the Department of Crop Production and Meadow Ecosystems, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation; phone: (499) 976–10–05; e-mail: okuharenkova@rgau-msha.ru)

**Svetlana A. Dikareva**, postgraduate student of the Department of Crop Production and Meadow Ecosystems, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation; phone: (499) 976–10–05; e-mail: dikareva@rgau-msha.ru)

**Andrey R. Tyazhkorob**, Assistant at the Department of Crop Production and Meadow Ecosystems, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation; phone: (499) 976–10–05; e-mail: tyazhkorob@rgau-msha.ru)

## ОПТИМИЗАЦИЯ МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ ВОЗБУДИТЕЛЕЙ ФУЗАРИОЗОВ НА ОЗИМОЙ ТРИТИКАЛЕ (×*TRITICOSECALE* WITTM. & A. CAMUS)

А.А. ШВАРЦЕВ<sup>1, 2</sup>, М.Л. КОНЫШЕВА<sup>1</sup>, С.А. САВИНОВА<sup>1</sup>,  
Я.И. АЛЕКСЕЕВ<sup>1, 3</sup>, В.В. ПЫЛЬНЕВ<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>ООО «НПФ Синтол»;

(<sup>2</sup>Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева;

<sup>3</sup>Институт аналитического приборостроения РАН)

*Грибные фитопатогены являются одними из самых распространенных и опасных возбудителей болезней растений, заражение которыми приводит к существенным потерям урожая и значительным экономическим затратам. Наибольший ущерб сельскохозяйственным культурам наносят грибы рода *Fusarium*, что делает изучение их распространения, видового разнообразия и методов диагностики более востребованным с каждым годом. В селекционной работе это изучение имеет особое значение. Определение видового состава данного патогена позволяет не только оценить степень заражения, но и проводить превентивную селекцию на устойчивость к фузариозу. Целью исследований являлась апробация разработанных праймеров и зондов для выявления наиболее распространенных представителей рода *Fusarium* – таких, как *F. culmorum*, *F. graminearum* и *F. roae*. В качестве материала для исследований использовали образцы чистых культур грибов, полученных из разных коллекций микроорганизмов. Изучалось 35 сортов озимой тритикале из коллекции РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. Для проведения видовой дифференциации исследуемых видов были сконструированы олигонуклеотиды на фрагмент гена *Galactose oxidase (GalOx)* и гомологичных ему генов из базы данных NCBI. Диагностика проводилась методом полимеразной цепной реакции в реальном времени (ПЦР-РВ). Были определены основные аналитические характеристики разработанных праймеров – такие, как специфичность и чувствительность. Скрининг 35 сортов озимой тритикале показал их поражение грибами рода *Fusarium*. Выявлено, что преобладающим видом является *F. roae*, который был обнаружен у 95,2% сортов. Для *F. graminearum* было обнаружено, что наибольшее распространение приходится на период с 2020 по 2021 гг., когда заражение образцов тритикале составило 31,4 и 91,4% соответственно. Наименьшее заражение было видом *F. culmorum*, который обнаружен только у 20% всех образцов. Дополнительно были обнаружены сорта озимой тритикале урожая 2022 г., которые меньше всего подвержены заражению изучаемыми видами: К-1–19 № 14 К-3851 ПРАГ502 (Дагестан) и К-1–19 № 42 К3727 СНТ-5/92 (Омская обл.).*

**Ключевые слова:** *селекция на устойчивость, грибные фитопатогены, *Fusarium*, ПЦР в реальном времени, диагностика, озимая тритикале, видовое разнообразие, зараженность.*

### Введение

Фитопатогенные грибы занимают ведущее положение среди микроорганизмов, вызывающих различные заболевания у растений (5). Одними из наиболее опасных и широко распространенных представителей данного царства являются грибы рода *Fusarium* (Link), способные поражать более 200 видов растений [1]. Представители рода способны вызывать различные нарушения роста и развития, поражая как вегетативные, так и генеративные органы, причем заражению подвержены и молодые, и взрослые растения [2]. К характерным признакам развития фузариозов относят

гнили (корней, стеблей и плодов), язвы, пятнистости листьев, но наиболее часто встречаемой формой проявлений заражения является трахеомикозное увядание растений [4, 11, 14]. Среди факторов, способствующих доминированию фузариевых грибов, выделяют минимизацию обработки почвы, ежегодное обильное протравливание семян триазольными препаратами, существенное снижение сопротивляемости почвенной среды к патогену, а также высокий уровень засоренности сорняками [11].

Биологические особенности грибов рода *Fusarium* тесно связаны с условиями их обитания [7]. Представители рода *Fusarium* широко распространены во всем мире, что обусловлено высокой экологической пластичностью ввиду внутривидовой изменчивости [3]. Некоторые виды – такие, как *Fusarium culmorum* (WG Smith), *F. graminearum* (Schwabe) и *F. poae* (Peck) Wollenw, в настоящее время присутствуют на территории всех европейских стран, а также на территории Азии, Америки, Африки и Океании [16, 24]. На территории России представители данного рода встречаются в Центральной и Европейской частях страны, а также в различных частях Сибири (в зонах тайги, подтайги и северной лесостепи), Северном Кавказе, Ставропольском крае [7].

При заражении продовольственного зерна представителями рода *Fusarium* синтезируются микотоксины [6, 10]. Среди таких химических соединений особенно выделяются фумонизин, зеараленон и трихотеценовые микотоксины [9]. Употребление продуктов, содержащих эти вещества, создает угрозу для здоровья человека и животных [8].

Одним из основных продуцентов трихотеценовых микотоксинов считается *F. poae*. Этот вид является одним из основных источников трихотеценов типа А: токсина Т-2 и его основного метаболита НТ-2. Особенностью *F. poae* является то, что в отличие от других возбудителей фузариозов (кроме *Fusarium langsethiae*) он поражает злаки до цветения, а не во время [15, 18] цветения. Патогенность данного вида сильно зависит от температуры и наиболее высока в диапазоне от 15 до 18 °С [12]. Результаты исследований свидетельствуют о широком распространении *F. poae* в образцах зерна из Северной Америки и Европы [19, 21].

При наличии в период вегетации зерновых культур более влажного и теплого климата преобладающим видом может оказаться *F. graminearum*, который способен продуцировать токсины дезоксиниваленон (DON) и зеараленон [13]. Токсины, вырабатываемые *F. culmorum* (в основном DON, NIV и ZEN), оказывают цитотоксическое действие на растения, людей и животных. DON является фактором вирулентности заболевания фузариоза колоса (FHB), приводящим к усиленному росту патогена [20]. Морфологически виды *F. culmorum* и *F. graminearum* очень похожи и вызывают сходные симптомы у злаковых культур, а именно: колос пшеницы приобретает обесцвеченный вид, зерновки окрашиваются в розоватый цвет и становятся сморщенными [16].

Фузариоз зерновых культур является глобальной проблемой, угрожающей производству продуктов питания и продовольственной безопасности [9]. В последние годы изменение климата, технологический прогресс в сельском хозяйстве и импорт семян из отдаленных регионов существенно влияют на видовой состав патогенов.

Определение видовой состав патогенов и мониторинг степени зараженности ими сельскохозяйственных культур позволяют проводить превентивную селекцию на устойчивость к фузариозу.

В настоящее время имеется незначительное число исследований по распространению и видовому разнообразию грибов рода *Fusarium* на озимой тритикале несмотря на ежегодное увеличение объемов посевов данной культуры.

**Цель исследований:** разработка систем праймеров и зондов для проведения видовой дифференциации грибов рода *Fusarium* и скрининг коллекции озимой тритикале на наличие исследуемых возбудителей.

## Материал и методы исследований

Для проведения исследований были использованы образцы культур грибов, полученные из коллекций РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Всероссийской коллекции микроорганизмов, ООО «Синтол», Всероссийской коллекции промышленных микроорганизмов НИЦ «Курчатовский институт».

Изучалось 35 сортообразцов озимой тритикале, которые выращивались в полевых условиях в 2020–2022 гг. на селекционных посевах кафедры генетики, селекции и семеноводства РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева.

Лабораторные исследования проводились на базе ООО «Синтол» и центра коллективного пользования «Биотехнология» ФГБНУ ВНИИСБ.

Для выделения нуклеиновых кислот из семян озимой тритикале использовали набор реагентов Сорб-ГМО-Б (GM-503–50, ООО «Синтол», Россия). Образцы предварительно измельчали с помощью мельницы Tube Mill 100 control («ИКА», Германия), используя навеску 50 г, последующее выделение набором проводили согласно инструкции производителя.

Для видовой идентификации грибов рода *Fusarium* использовали участок гена, кодирующего Galactose oxidase (*GalOx*) (для *F. graminearum*), и гомологичные участки генов из полных геномов для *F. poae* и *F. culmorum*.

Проведение ПЦР в режиме реального времени осуществляли с использованием 2,5x реакционной смеси для проведения ПЦР-РВ (M-428, ООО «Синтол», Россия). Набор реагентов включал в себя следующие компоненты: ПЦР-буфер, дезоксирибонуклеозидтрифосфаты,  $MgCl_2$  и Taq ДНК-полимеразу с ингибирующими активностью фермента антителами. Итоговые концентрации компонентов реакционной смеси: 2,5мМ  $MgCl_2$ , 0,25мМ dNTP и 2,5 е.а. ДНК-полимеразы. Дополнительно в каждую реакцию добавляли внутренний положительный контроль для исключения ложноотрицательного результата.

Для увеличения специфичности и чувствительности олигонуклеотидов при разработке старались учитывать следующий параметр: наличие на 3'-конце G или C нуклеотида («GC-зажим»). Для расчета температуры отжига олигонуклеотидов использовали онлайн-приложение Promega Biomath Calculators с вводом дополнительных данных: Step 3 (Enter Values), концентрация  $MgCl_2$  2,5мМ и концентрация ионов натрия/калия – 50мМ. Наличие или отсутствие вторичных структур образуемых праймерами (шпиклек, димеров) проверяли с помощью онлайн-сервисов Thermo Scientific Web Tools (Multiple Primer Analyzer) и Oligo Calculator version 3.24 (Программа для расчета свойств олигонуклеотидов). Для зондов в качестве флуоресцентного красителя использовали FAM (карбоксифлуоресцеин), присоединенный к 5'-концу. В качестве гасителя флуоресценции использовали RTQ1, присоединенный к 3'-концу зонда. Для зондов у внутреннего положительного контроля в качестве красителя использовали R6G или Cy5, присоединенные к 5'-концу, в качестве гасителя – BHQ2, присоединенный к 3'-концу. Финальные концентрации праймеров в реакционной смеси составили 400нМ, а концентрации зондов – 100нМ. Синтез олигонуклеотидов и расходные материалы, в том числе наборы реагентов, были предоставлены компанией ООО «Синтол».

Постановки ПЦР в режиме реального времени проводили с использованием амплификатора CFX96 Touch (Bio-Rad, Франция/США) по следующей программе амплификации: 95°C – 5 мин; 95°C – 15 с; 60°C – 40 с (для этого этапа включено считывание сигнала флуоресценции – 49 циклов). Для олигонуклеотидов, идентифицирующих *F. Graminearum*, температура отжига, совмещенного с элонгацией, была увеличена до 62°C. Для оптимального расчета пороговых циклов все постановки ПЦР-РВ анализировали с использованием регрессионного метода.

За положительный результат принимали образцы, для которых значение порогового цикла было меньше 40.

Аналитическую специфичность разработанных олигонуклеотидов для ПЦР-РВ проверяли на ДНК 66 близкородственных и сопутствующих организмов: *Alternaria tenuissima*; *Aspergillus niger*; *Drechslera avenae*; *Monilinia fructigena*; *Microdochium nivale*; *Botrytis Cinerea*; *Bipolaris sorokiniana*; *Cercospora beticola*; *P. infestans*; *Cladosporium*; *Gibellina cerealis*; *Helminthosporium sativum (Bipolaris sorokiniana)*; *Phoma betae (Neocamarosporium betae)*; *Botrytis cinerea*; *Rhizoctonia solani*; *Colletotrichum acutatum*; *Cercospora kikuchii*; *Fusarium avenaceum*; *F. tricinctum*; *F. verticillioides*; *F. tricinctum*; *F. poae*; *F. solani*; *F. oxysporum*; *F. verticillioides*; *F. culmorum*; *F. sibiricum*; *F. merismoides merismoides*; *F. ussurianum*; *F. culmorum*; *F. sporotrichioides*; *F. oxysporum*; *F. avenaceum*; *F. graminearum*; *F. ussurianum*; *F. sambucinum*; *F. sporotrichioides*; *F. sambucinum var. Sambucinum*; *F. graminearum*; *F. graminearum*; *F. oxysporum*; *F. poae*; *Phytophthora infestans*; *Tilletia laevis*; *T. caries*; *T. controversa*; *Verticillium dahliae* (Коллекция ООО «Синтол», Россия); F 4705 *Eutypa sp*; F 985 *Phytophthora cactorum*; F 3333 *P. cinnamomi*; F 3619 *Cylindrocarpon destructans (Ilyonectria destructans)*; F 3622 *C. destructans (I. destructans)*; F 4589 *C. destructans (I. destructans)*; F 3623 *C. destructans (I. destructans)*; F 865 *C. destructans (I. destructans)*; FW 122 *C. destructans (I. destructans)*; FW 221 *C. destructans (I. destructans)*; FW206 *Ilyonectria robusta*; F 942 *Rhizoctonia solani*; F 3334 *Phanerochaete chrysosporium*; F 143 *Fusarium oxysporum*; F 840 *F. oxysporum*; F 3960 *F. solani*; F 1667 *F. sporotrichioides* (Всерос. коллекция микроорганизмов, г. Пушкино, Московская обл.); *Fusarium oxysporum* Schlechtendal, 1824 (Коллекция РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева); *Fusarium verticillioides* (Saccardo) Nirenberg, 1976 (ФГБУ ВНИИКР, Россия).

Поиск консервативных последовательностей ДНК проводили в базе данных NCBI GenBank. Для создания множественного выравнивания использовали программу MAFFT v.7.520 для Windows. Биоинформатический анализ и обработку полученных результатов, а также визуализацию множественных выравниваний производили с использованием программного обеспечения UGENE («Унипро», Россия) и AliView (NBIS, Department of Cell and Molecular Biology, Uppsala University, Швеция).

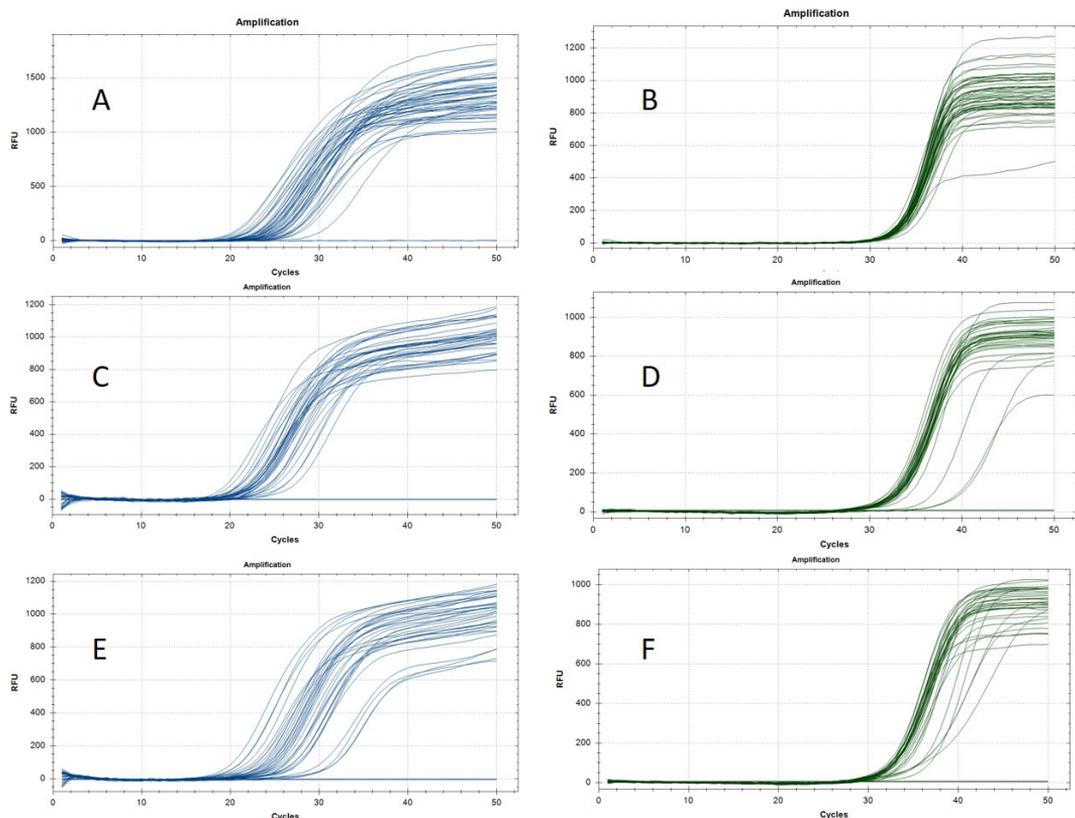
## Результаты и их обсуждение

Было проанализировано 35 сортообразцов озимой тритикале на наличие грибов рода *Fusarium* методом ПЦР в режиме реального времени. У всех исследуемых образцов наблюдался рост кинетической кривой флуоресценции как по каналу специфичной реакции (FAM), так и по каналу детекции внутреннего положительного контроля (HEX) (рис. 1).

При проведении анализа данных за положительный результат принимали образцы, уровень сигнала флуоресценции которых составлял не меньше 30% от максимального уровня сигнала, полученного в ходе эксперимента. Помимо уровня сигнала, учитывали пороговый цикл (табл. 1).

Результаты анализа показывают, что во всех исследуемых образцах озимой тритикале присутствуют грибы рода *Fusarium*. Среднее значение порогового цикла составило 24,32, что соответствует среднему уровню зараженности. При проведении исследований ложноположительные результаты и полное ингибирование реакций отсутствовали.

Для определения видового состава изучаемых грибов в исследуемом материале были сконструированы олигонуклеотиды для дифференциации *F. poae*, *F. graminearum* и *F. culmorum* методом ПЦР в режиме реального времени (табл. 2).



**Рис. 1.** Результаты анализа методом ПЦР-РВ 35 образцов озимой тритикале за 3 года возделывания; данные по каналу флуоресценции FAM и HEX; (А и В) – 2020 г., (С и D) – 2021 г., (Е и F) – 2022 г.; интерфейс Bio-Rad CFX Manager; ось абсцисс – пороговый цикл (cycles), ось ординат – относительные единицы флуоресценции (RFU)

Таблица 1

**Пороговые циклы, полученные при проведении ПЦР-РВ по каналу детекции специфичной реакции у 35 сортов образцов озимой тритикале за 3 года выращивания**

№	Наименование и происхождение исследуемых сортов образцов	Пороговый цикл, ct		
		2020 год	2021 год	2022 год
1	К-3866 Marko (Польша)	23,35	21,87	26,41
2	К-3862 (НИИСХ Сев-Зап.)	22,03	18,92	22,79
3	К-3861 Немчиновский 56 (МосНИИСХ «Немчиновка»)	23,61	22,17	20,45
4	К-3857 ПРАГ 520 (Дагестан)	25,79	21,78	23,90
5	К-3865 Prado (Польша)	24,76	22,80	27,34
6	К-3864 SW Algalo (Швеция)	26,64	22,94	24,60
7	К-3855 ПРАГ 510 (Дагестан)	24,91	20,09	25,65

№	Наименование и происхождение исследуемых сортообразцов	Пороговый цикл, ct		
		2020 год	2021 год	2022 год
8	К-3860 Легион (ДЗНИИСХ)	23,24	20,61	22,76
9	К-3858 Докучаевский 5 (НИИСХ)	24,29	22,01	25,97
10	К-3852 ПРАГ 506 (Дагестан)	27,79	21,07	21,57
11	К-3854 ПРАГ 508 (Дагестан)	24,98	20,48	21,23
12	К-3850 ПРАГ205–3 (Дагестан)	26,00	22,91	26,99
13	К-3853 ПРАГ507 (Дагестан)	20,67	23,65	27,14
14	К-3851 ПРАГ502 (Дагестан)	25,69	22,96	31,43
15	К3848 Dsorno (Германия)	22,19	22,73	23,67
16	К-3846 Устинья (Самара)	22,21	22,62	24,51
17	К-3843 Witon (Польша)	23,25	22,38	25,82
18	К-3842 ПРАГ 519	21,26	22,45	25,58
19	К-3840 Presto 401 (Польша)	26,65	22,58	25,24
20	К-3832 ПРАГ-0–523 (Дагестан)	25,26	25,14	26,05
21	К-3849 Partout (Германия)	23,07	26,40	27,71
22	К-3845 Варвара (Самарская обл.)	27,98	27,38	25,33
23	К-3844 Krakowiak (Польша)	25,23	22,66	29,88
24	К-3841 ПРАГ518 (Дагестан)	22,24	24,22	22,54
25	К-3839 Бард (ДЗНИИСХ)	23,81	23,00	24,94
26	К-3750 Timlo (Франция)	21,50	22,80	26,98
27	К-3751 Magnat (Польша)	24,37	21,59	23,93
28	К-3738 ЛОГ8 (Омская обл.)	23,26	23,17	24,54
29	К-3754 Lamberto (Франция)	24,69	26,27	30,55
30	К-3741 ПРАГ черноколосый	26,07	24,70	27,81
31	К-3748 Lupus (Германия)	25,15	24,09	25,24
32	К-3757 Кастусь (Беларусь)	25,87	23,12	22,45
33	К-3755 Алесь (Беларусь)	25,82	23,66	31,33
34	К3727 СНТ-5/92 (Омская обл.)	25,11	24,31	24,81
35	К-3728 СНТ-11/92 (Омская обл.)	25,77	24,29	28,49

**Примечание.** ct – полученное значение порогового цикла ПЦР-РВ.

**Последовательность праймеров и зондов  
для идентификации 3 видов рода *Fusarium***

Название	Мишень	Последовательность	Референсные последовательности, NCBI
Fus.gram_F	galactose oxidase	5'-AACGGTGGTGGTGGTCTTTGT-3'	XM_011327027.1
Fus.gram_Pb		5'-(FAM)TCGGTGGCAGGATCACAACTCTCGA(RTQ1)-3'	
Fus.gram_R		5'-TTTCCTCCATTGTTTGTCTAG-3'	
Fus.culm_F	genomic DNA	5'-TCTATCACAGCATTCCCTC-3'	LT598661.1
Fus.culm_Pb		5'-(FAM)TGCGGCGGGTCTTTGCGGTGATT(RTQ1)-3'	
Fus.culm_R		5'-TGTCGCGAGATTGCCGTTGCTG-3'	
Fus.poa_F	genomic DNA	5'-ACCGACTTCAGGACGTGTCC-3'	XM_044854194.1
Fus.poa_Pb		5'-(FAM)TCTTATCGCAATGATGCATTCCGGA(RTQ1)-3'	
Fus.poa_R		5'-ATCCCAGGAAGAGGTCAAAGTG-3'	

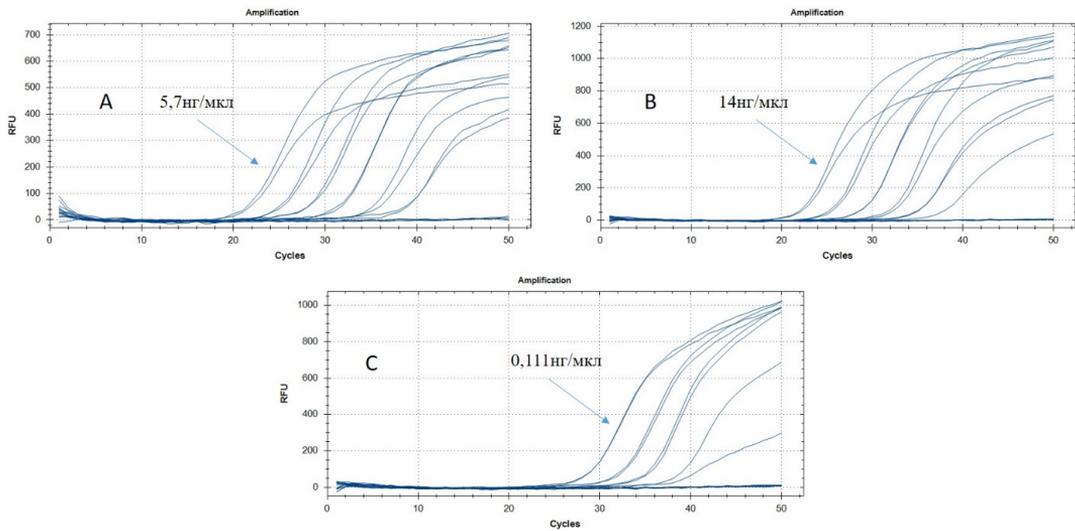
**Примечание.** F – прямой праймер, R – обратный праймер, Pb – зонд.

Для определения аналитической специфичности вышеуказанных праймеров и зондов использовали выборку из 66 близкородственных организмов. Результаты исследования показали 100%-ную специфичность разработанных олигонуклеотидов, поскольку при внесении нуклеиновых кислот других грибов ложноположительные реакции отсутствовали.

Аналитическую чувствительность определяли путем последовательного десятикратного разведения целевого образца с известной концентрацией. Для видов *F. poae*, *F. graminearum* и *F. culmorum* использовали образец ДНК, выделенный из чистой культуры гриба со следующими концентрациями 1,11 нг/мкл, 5,7 нг/мкл и 14 нг/мкл соответственно. Каждую реакцию проводили в двукратной повторности для более достоверного результата (рис. 2).

По полученным данным был определен предел чувствительности разработанных праймеров. Так, для вида *F. poae* было установлено, что при разведении образца до  $1,11 \times 10^{-4}$  нг/мкл (2 копии ДНК патогена) реакция проходит нестабильно, при разведении до  $1,11 \times 10^{-5}$  нг/мкл специфичная реакция отсутствовала полностью. Для видов *F. graminearum* и *F. culmorum* было определено разведение  $5,7 \times 10^{-5}$  нг/мкл (1 копия ДНК патогена) и  $14 \times 10^{-5}$  нг/мкл (3 копии ДНК патогена) соответственно, при котором реакция проходит нестабильно, и разведение до  $5,7 \times 10^{-6}$  нг/мкл и  $14 \times 10^{-6}$  нг/мкл соответственно, при котором специфичная реакция отсутствует полностью. Для данного эксперимента среднее значение эффективности прохождения реакции E составило 104%.

С использованием разработанных праймеров и зондов нами были проанализированы 35 образцов озимой тритикале за 3 года возделывания на наличие исследуемых возбудителей фузариозов (табл. 3–5).



**Рис. 2.** Результаты проведения серии 10-кратного разведения образца ДНК гриба с известной концентрацией по каналу флуоресценции FAM;  
 А – *F. graminearum*, В – *F. culmorum*, С – *F. roae*;  
 интерфейс Bio-Rad CFX Manager; ось абсцисс – пороговый цикл (cycles),  
 ось ординат – относительные единицы флуоресценции (RFU)

Таблица 3

**Результаты диагностики образцов озимой тритикале на наличие гриба *F. roae***

№	Сортообразцы	Пороговый цикл, ct		
		2020 год	2021 год	2022 год
1	Марко, Польша	27,22	29,61	31,39
2	НИИСХ Сев-Зап.	27,07	26,48	29,38
3	Немчиновский 56 МосНИИСХ «Немчиновка»	28,19	28,49	28,16
4	ПРАГ 520 (Дагестан)	30,68	29,08	29,31
5	Prado (Польша)	35,34	28,37	31,60
6	SW Algalö (Швеция)	28,56	28,83	29,92
7	ПРАГ 510 (Дагестан)	28,26	26,98	30,46
8	Легион (ДЗНИИСХ)	28,98	26,48	28,90
9	Докучаевский 5 (НИИСХ)	28,81	27,75	30,74
10	ПРАГ 506 (Дагестан)	30,17	26,73	28,53
11	ПРАГ 508 (Дагестан)	28,50	26,27	27,02
12	ПРАГ205–3 (Дагестан)	30,31	27,80	31,70

№	Сортообразцы	Пороговый цикл, сг		
		2020 год	2021 год	2022 год
13	ПРАГ507 (Дагестан)	31,00	28,73	32,33
14	ПРАГ502 (Дагестан)	33,46	28,53	N/A
15	Dsorno (Германия)	32,53	28,74	30,37
16	Устинья (Самара)	30,20	28,86	30,83
17	Witon (Польша)	28,91	28,37	30,77
18	ПРАГ 519	29,49	27,90	31,59
19	Presto 401 (Польша)	33,90	28,61	27,32
20	ПРАГ-0–523 (Дагестан)	32,11	31,19	30,82
21	Partout (Германия)	31,55	N/A	31,50
22	Варвара (Самарская обл.)	27,87	N/A	32,67
23	Krakowiak (Польша)	28,93	N/A	30,83
24	ПРАГ518 (Дагестан)	29,15	29,32	34,11
25	Бард (ДЗНИИСХ)	29,89	28,62	28,95
26	Timlo (Франция)	28,58	28,78	30,37
27	Magnat (Польша)	31,51	26,52	31,56
28	ЛОГ8 (Омская обл.)	30,45	28,69	29,63
29	Lamberto (Франция)	28,51	30,86	29,52
30	ПРАГ черноколосый	27,23	29,59	35,34
31	Lupus (Германия)	32,85	29,31	31,56
32	Кастусь (Беларусь)	29,32	28,92	30,59
33	Алесь (Беларусь)	33,92	29,74	28,83
34	СНТ-5/92 (Омская обл.)	29,14	29,42	N/A
35	СНТ-11/92 (Омская обл.)	32,77	29,68	30,70

**Примечание.** N/A – отсутствие сигнала флуоресценции; сг – полученное значение порогового цикла ПЦР-РВ.

**Результаты диагностики образцов озимой тритикале  
на наличие гриба *F. graminearum***

№	Сортообразцы	Пороговый цикл, ct		
		2020 год	2021 год	2022 год
1	Марко, Польша	N/A	29,61	31,39
2	НИИСХ Сев-Зап.	N/A	26,48	29,38
3	Немчиновский 56 МосНИИСХ «Немчиновка»	N/A	28,49	28,16
4	ПРАГ 520 (Дагестан)	N/A	29,08	29,31
5	Prado (Польша)	N/A	28,37	31,60
6	SW Algalo (Швеция)	N/A	28,83	29,92
7	ПРАГ 510 (Дагестан)	N/A	26,98	30,46
8	Легион (ДЗНИИСХ)	N/A	26,48	28,90
9	Докучаевский 5 (НИИСХ)	29,77	27,75	30,74
10	ПРАГ 506 (Дагестан)	N/A	26,73	28,53
11	ПРАГ 508 (Дагестан)	31,05	26,27	27,02
12	ПРАГ205–3 (Дагестан)	29,53	27,80	31,70
13	ПРАГ507 (Дагестан)	N/A	28,73	32,33
14	ПРАГ502 (Дагестан)	N/A	28,53	N/A
15	Dsorno (Германия)	31,86	28,74	30,37
16	Устинья (Самара)	33,63	28,86	30,83
17	Witon (Польша)	N/A	28,37	30,77
18	ПРАГ 519	36,53	27,90	31,59
19	Presto 401 (Польша)	N/A	28,61	26,85
20	ПРАГ-0–523 (Дагестан)	30,00	31,19	30,82
21	Partout (Германия)	N/A	N/A	31,50
22	Варвара (Самарская обл.)	N/A	N/A	32,67
23	Krakowiak (Польша)	N/A	N/A	30,83
24	ПРАГ518 (Дагестан)	N/A	29,32	34,11
25	Бард (ДЗНИИСХ)	N/A	28,62	28,95

№	Сортообразцы	Пороговый цикл, ct		
		2020 год	2021 год	2022 год
26	Timlo (Франция)	N/A	28,78	30,37
27	Magnat (Польша)	36,39	26,52	31,56
28	ЛОГ8 (Омская обл.)	N/A	28,69	29,63
29	Lamberto (Франция)	35,17	30,86	29,52
30	ПРАГ черноколосый	N/A	29,59	35,34
31	Lupus (Германия)	35,90	29,31	31,56
32	Кастусь (Беларусь)	N/A	28,92	30,59
33	Алесь (Беларусь)	N/A	29,74	28,83
34	СНТ-5/92 (Омская обл.)	31,29	29,42	N/A
35	СНТ-11/92 (Омская обл.)	N/A	29,68	30,70

**Примечание.** N/A – отсутствие сигнала флуоресценции; ct – полученное значение порогового цикла ПЦР-РВ.

Таблица 5

**Результаты диагностики образцов озимой тритикале  
на наличие гриба *F. culmorum***

№	Наименование исследуемых образцов	Пороговый цикл, ct		
		2020 год	2021 год	2022 год
1	Марко, Польша	N/A	N/A	N/A
2	НИИСХ Сев-Зап.	N/A	N/A	N/A
3	Немчиновский 56 МосНИИСХ «Немчиновка»	N/A	N/A	25,76
4	ПРАГ 520 (Дагестан)	N/A	N/A	27,28
5	Prado (Польша)	N/A	N/A	N/A
6	SW Algalo (Швеция)	N/A	N/A	N/A
7	ПРАГ 510 (Дагестан)	29,77	N/A	N/A
8	Легион (ДЗНИИСХ)	N/A	N/A	N/A
9	Докучаевский 5 (НИИСХ)	31,05	N/A	28,73
10	ПРАГ 506 (Дагестан)	29,53	N/A	N/A

№	Наименование исследуемых образцов	Пороговый цикл, ct		
		2020 год	2021 год	2022 год
11	ПРАГ 508 (Дагестан)	N/A	N/A	N/A
12	ПРАГ205–3 (Дагестан)	N/A	N/A	31,93
13	ПРАГ507 (Дагестан)	31,86	N/A	N/A
14	ПРАГ502 (Дагестан)	33,63	N/A	N/A
15	Dsorno (Германия)	N/A	N/A	N/A
16	Устинья (Самара)	36,53	N/A	N/A
17	Witon (Польша)	N/A	N/A	N/A
18	ПРАГ 519	30,00	N/A	29,62
19	Presto 401 (Польша)	N/A	N/A	N/A
20	ПРАГ-0–523 (Дагестан)	N/A	N/A	N/A
21	Partout (Германия)	N/A	N/A	N/A
22	Варвара (Самарская обл.)	N/A	N/A	N/A
23	Krakowiak (Польша)	N/A	N/A	N/A
24	ПРАГ518 (Дагестан)	N/A	N/A	N/A
25	Бард (ДЗНИИСХ)	36,39	N/A	31,15
26	Timlo (Франция)	N/A	N/A	33,55
27	Magnat (Польша)	35,17	N/A	N/A
28	ЛОГ8 (Омская обл.)	N/A	N/A	N/A
29	Lamberto (Франция)	35,90	N/A	N/A
30	ПРАГ черноколосый	N/A	N/A	30,06
31	Lurus (Германия)	N/A	N/A	N/A
32	Кастусь (Беларусь)	31,29	N/A	27,82
33	Алесь (Беларусь)	N/A	N/A	N/A
34	СНТ-5/92 (Омская обл.)	34,52	N/A	N/A
35	СНТ-11/92 (Омская обл.)	N/A	N/A	N/A

**Примечание.** N/A – отсутствие сигнала флуоресценции; ct – полученное значение порогового цикла ПЦР-РВ.

Анализ полученных результатов показывает, что за период с 2020 по 2022 гг. во всех образцах озимой тритикале присутствуют представители грибов рода *Fusarium*. Самым часто встречаемым видом оказался *F. roae*, который был выявлен во всех исследуемых образцах 2020 г., однако за 2021 г. некоторые образцы, а именно К-1–19 № 23 К-3849 Partout (Германия), К-1–19 № 24 К-3845 Варвара (Самарская обл.) и К-1–19 № 25 К-3844 Krakowiak (Польша), показали отсутствие данного вида, хотя анализ этих образцов за 2022 г. указывает на повторное появление *F. roae*. Также за 2022 г. данный вид отсутствовал в образцах К-1–19 № 14 К-3851 ПРАГ 502 (Дагестан) и К-1–19 № 42 К3727 СНТ-5/92 (Омская обл.).

За 2020 г. вид *F. graminearum* был выявлен только у 11 из 35 исследуемых образцов. Однако за период 2021–2022 гг. количество образцов озимой тритикале, зараженных патогеном, значительно возросло. Так, для урожая 2021 г. *F. graminearum* был выявлен у 32 образцов семян, а для 2022 г. – у 33.

При анализе озимой тритикале 2020 г. на наличие нуклеиновых кислот гриба *F. culmorum* было выявлено заражение у 12 образцов. При исследовании тритикале урожая 2021 г. зараженных образцов исследуемым патогеном обнаружено не было, однако было выявлено повторное появление патогена у 9 образцов 2022 г.

Разные соотношения видового состава возбудителей фузариозов на озимой тритикале за 3 года выращивания могут быть связаны с изменением погодно-климатических условий. Колебания температуры и влажности в период вегетации растений могут способствовать развитию исследуемых патогенов. По данным литературы, для *F. roae* оптимальным для роста считается сухой и теплый климат, в то время как для *F. graminearum* предпочтительным является высокая влажность и температура +25...+30°C [17, 22].

Отсутствие изучаемых видов грибов у некоторых образцов за период 2020–2022 г. также может быть связано с весьма маленькой концентрацией патогена в зерновках. Дополнительный анализ почвы и корневой части растения может помочь подтвердить отсутствие вышеуказанных грибов. Последующие работы по созданию систем идентификации видов рода *Fusarium* позволят более точно установить состав грибной популяции и использовать обнаруженные изоляты для испытаний новых сортов тритикале на устойчивость к фузариозам.

## Выводы

В результате проведенных исследований установлено, что разработанные праймеры и зонды позволяют с высокой специфичностью и чувствительностью проводить диагностику на наличие трех возбудителей фузариозов.

Данные видовой диагностики образцов озимой тритикале за 3 года выращивания показали, что преобладающим видом исследуемых грибов оказался *F. roae*. Им были заражены 95,2% всех образцов 3 лет возделывания. Резкое увеличение распространения *F. graminearum* было обнаружено у образцов тритикале за период с 2020 по 2021 г. Так, в 2020 г. было поражено только 31,4% исследуемых образцов, а в 2021 г. заражение составило 91,4%. Для *F. culmorum* общее заражение по этим годам составило всего 20%.

Полное отсутствие исследуемых патогенов отмечено у ПРАГ 502 (Дагестан) и СНТ-5/92 (Омская обл.) в 2022 г.

## Библиографический список

1. Голиков Н.Н. Клещевина, устойчивая к фузариозу // Защита и карантин растений. – 2003. – № 3. – С. 44.
2. Иващенко В.Г. Географическое распространение и особенности биоэкологии *Fusarium graminearum* Schwabe // Микология и фитопатология. – 1998. – Т. 32, № 5. – С. 1–10.

3. Костерина Н.А. Анализ современного состояния проблемы фузариоза колоса и зерна пшеницы в Российской Федерации // Аграрный вестник Урала. – 2023. – № 5 (234). – С. 49–59.
4. Курилова Д.А. Вредоносность фузариоза сои в зависимости от степени поражения растений // Масличные культуры. – 2010. – № 2. – С. 144–145.
5. Фитопатология. Болезни древесных и кустарниковых пород: Учебное пособие / Под общ. ред. И.И. Минкевича. – СПб.: Лань, 2011. – 160 с.
6. Монастырский О.А. Микотоксины – глобальная проблема безопасности продуктов питания и кормов // Агрохимия. – 2016. – № 6. – С. 67–71.
7. Платонова Ю.В., Сурин Н.А. География грибов рода *Fusarium* (литературный обзор) // Фундаментальные исследования. – 2004. – № 4. – С. 95–97.
8. Попов В.С., Самбуров Н.В., Воробьева Н.В. Проблемы микотоксикозов в современных условиях и принципы профилактических решений: Монография. – Курск: Планета+, 2018. – С. 158.
9. Попова С.А., Скопцова Т.И., Лосякова Е.В. Микотоксины в кормах: причины, последствия, профилактика // Известия Великолукской государственной сельскохозяйственной академии. – 2017. – № 1. – С. 16–23.
10. Соколова Г.Д. Внутривидовое разнообразие фитопатогенного гриба *Fusarium graminearum* // Микология и фитопатология. – 2015. – № 2 (49). – С. 71–79.
11. Торопова Е.Ю., Селюк М.П., Казакова О.А. Факторы доминирования грибов рода *Fusarium* в патоккомплексе корневых гнилей зерновых культур // Агрохимия. – 2018. – № 5. – С. 73–82.
12. Brennan J., Fagan B., Van Maanen A. et al. Studies on in vitro growth and pathogenicity of European *Fusarium* fungi // European Journal of Plant Pathology. – 2003. – № 109 (6). Pp. 577–587.
13. Cirlini M., Generotti S., Dall’Erta A. et al. Durum Wheat (*Triticum Durum* Desf.) Lines Show Different Abilities to Form Masked Mycotoxins under Greenhouse Conditions // Toxins. – 2014. – № 6 (1). – Pp. 81–95.
14. Ekwomadu T.I., Mwanza M. *Fusarium* Fungi Pathogens, Identification, Adverse Effects, Disease Management, and Global Food Security: A Review of the Latest Research // Agriculture. – 2023. – № 13 (9). – Pp. 1810.
15. Gil-Serna J., Vázquez C., González-Jaén M.T. et al. Mycotoxins Toxicology // Encyclopedia of Food Microbiology. – 2014. – Pp. 887–892.
16. Matny O., Bates S., Song Z. Geographic distribution of *Fusarium culmorum* chemotypes associated with wheat crown rot in Iraq // Journal of Plant Protection Research. – 2017. – № 57 (1).
17. Parry D., Jenkinson P., Mcleod L. *Fusarium* ear blight (scab) in small grain cereals—a review // Plant Pathology. – 1995. – № 44. – Pp. 207–238.
18. Rassat A. *Fusarium poae* and *Fusarium langsethiae* in an oat field—time point of infection and possible inoculum sources, 2019.
19. Tóth A., Barna-Vetrő I., Gyöngyösi Á. et al. Prevalence and mycotoxin production of *Fusarium* species isolated from wheat grains in Hungary // Acta Phytopath. Entomol. Hung. – 1993. – № 28. – Pp. 3–12.
20. Wagacha J., Muthomi J. *Fusarium culmorum*: Infection process, mechanisms of mycotoxin production and their role in pathogenesis in wheat // Crop Protection. – 2007. – № 26 (7). – Pp. 877–885.
21. Wilcoxson R., Kommedahl T., Ozmon E. et al. Occurrence of *Fusarium* species in scabby wheat from Minnesota and their pathogenicity to wheat // Phytopathology. – 1988. – № 78. – Pp. 586–589.

22. Xu X., Nicholson P., Thomsett M. et al. Relationship between the fungal complex causing Fusarium head blight of wheat and environmental conditions // *Phytopathology*. – 2008. – № 98 (1). – Pp. 69–78.

23. Yli-Mattila T., Opoku J., Ward T.J. Population structure and genetic diversity of *Fusarium graminearum* from southwestern Russia and the Russian Far East as compared with northern Europe and North America // *Mycologia*. – 2023. – № 1(11).

## OPTIMIZATION OF MOLECULAR DIAGNOSTICS OF FUSARIUM PATHOGENS IN WINTER TRITICALE (*TRITICOSECALE* WITTM. & A. CAMUS)

A.A. SHVARTSEV<sup>1,2</sup>, M.L. KONY SHEVA<sup>1</sup>, S.A. SAVINOVA<sup>1</sup>,  
YA.I. ALEKSEEV<sup>1,3</sup>, V.V. PYLNEV<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>LLC “Research and Production Company Syntol”;

<sup>2</sup>Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy;

<sup>3</sup>Institute for Analytical Instrumentation of the Russian Academy of Sciences)

*Phytopathogenic fungi are among the most common and dangerous plant pathogens, causing significant crop losses and considerable economic costs. The greatest damage to agricultural crops is caused by fungi of the genus Fusarium, making the study of their distribution, species diversity and diagnostic methods more in demand every year. This is particularly important for breeding purposes. The determination of the species composition of this pathogen allows not only to evaluate the level of infestation, but also to perform preventive selection for resistance to Fusarium. The aim of the study was to test the developed primers and probes for the identification of the most common representatives of the genus Fusarium such as F. culmorum, F. graminearum and F. poae. Pure cultures of fungi obtained from different collections of microorganisms were used as research material. We studied 35 varieties of winter triticale from the RSAU-MTAA collection. In order to differentiate the studied species, oligonucleotides were designed for a fragment of the Galactose oxidase (GalOx) gene and its homologous genes from the NCBI database. Diagnosis was performed by real-time polymerase chain reaction (qPCR). The main analytical characteristics of the developed primers such as specificity and sensitivity were determined. Screening of 35 varieties of winter triticale showed their infestation with fungi of the genus Fusarium. It was revealed that the predominant species was F. poae, which was found in 95.2% of the varieties. For F. graminearum, the highest prevalence was found between 2020 and 2021, when the infestation of triticale samples was 31.4% and 91.4%, respectively. F. culmorum had the lowest percentage of infestation, being found in only 20% of all samples. In addition, the winter triticale varieties of the 2022 harvest K-1-19#14 K-3851 PRAG502 (Dagestan) and K-1-19#42 K3727 SNT-5/92 (Omsk region) were identified as the least susceptible to infestation by the studied species of fungi.*

**Keywords:** breeding for resistance, phytopathogenic fungi, *Fusarium*, real-time PCR, diagnostics, winter triticale, species diversity, infestation.

## References

1. Golikov N.N. Castor, resistant to *Fusarium*. *Plant Protection and Quarantine*. 2003;3:44. (In Russ.)
2. Ivashchenko V.G. *Fusarium graminearum* Schwabe geographical distribution and features of bioecology. *Mycology and Phytopathology*. 1998;32(5):1–10. (In Russ.)
3. Kosterina N.A. Analysis of the current state of the problem of *Fusarium* ear and grain of wheat in the Russian Federation. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2023;05(234):49–59. (In Russ.)

4. Kurilova D.A. Harmfulness of *Fusarium* species on soybean depending on a degree of plants affection. *Oil Crops*. 2010;2:144–145. (In Russ.)
5. *Phytopathology. Diseases of tree and shrub species: a textbook*. Ed. by I.I. Minkevich. St. Petersburg, Russia: Izdatel'stvo Lan', 2011:160. (In Russ.)
6. Monastyrskii O.A. Mycotoxins – a global problem of food and feed safety. *Agrohimia*. 2016;6:67–71. (In Russ.)
7. Platonova Yu.V., Surin N.A. Geography of fungi of the genus *Fusarium* (literary review). *Fundamental'nye issledovaniya*. 2004; 4: 95–97. (In Russ.)
8. Popov V.S., Samburov N.V., Vorob'eva N.V. *The problem of mycotoxicoses in modern conditions and principles of preventive solutions: monografiya*. Kursk, Russia: Planeta+, 2018:158. (In Russ.)
9. Popova S.A., Skoptsova T.I., Losyakova E.V. Mycotoxins in feed: causes, consequences, prevention. *Izvestiya Velikolukskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii*. 2017;1:16–23. (In Russ.)
10. Sokolova G.D. Intraspecific diversity of phytopathogenic fungus *Fusarium graminearum*. *Mycology and Phytopathology*. 2015;2(49):71–79. (In Russ.)
11. Toropova E.Yu., Selyuk M.P., Kazakova O.A. Dominance factors of fungi genus *Fusarium* in grain crops root rot pathocomplex. *Agrohimia*. 2018;5:73–82. (In Russ.)
12. Brennan J., Fagan B., Van Maanen A. et al. Studies on in vitro growth and pathogenicity of European *Fusarium* fungi. *European Journal of Plant Pathology*. 2003;109(6): 577–587.
13. Cirlini M., Generotti S., Dall'Erta A. et al. Durum Wheat (*Triticum Durum* Desf.) Lines Show Different Abilities to Form Masked Mycotoxins under Greenhouse Conditions. *Toxins*. 2014;6(1):81–95.
14. Ekwomadu T.I., Mwanza M. *Fusarium Fungi Pathogens, Identification, Adverse Effects, Disease Management, and Global Food Security: A Review of the Latest Research. Agriculture*. 2023;13(9):1810.
15. Gil-Serna J., Vázquez C., González-Jaén M.T. et al. Mycotoxins: Toxicology. *Encyclopedia of Food Microbiology*. 2014:887–892.
16. Matny O., Bates S., Song Z. Geographic distribution of *Fusarium culmorum* chemotypes associated with wheat crown rot in Iraq. *Journal of Plant Protection Research*. 2017;57(1).
17. Parry D., Jenkinson P., Mcleod L. *Fusarium* ear blight (scab) in small grain cereals: a review. *Plant Pathology*. 1995;44:207–238.
18. Rassat A. *Fusarium poae* and *Fusarium langsethiae* in an oat field—time point of infection and possible inoculum sources. *Biology, Environmental Science, Agricultural and Food Sciences*. 2019.
19. Tóth A., Barna-Vetrő I., Gyöngyösi Ä. et al. Prevalence and mycotoxin production of *Fusarium* species isolated from wheat grains in Hungary. *Acta Phytopath. Entomol. Hung*. 1993;28: 3–12.
20. Wagacha J., Muthomi J. *Fusarium culmorum*: Infection process, mechanisms of mycotoxin production and their role in pathogenesis in wheat. *Crop Protection*. 2007;26(7):877–885.
21. Wilcoxson R., Kommedahl T., Ozmon E. et al. Occurrence of *Fusarium* species in scabby wheat from Minnesota and their pathogenicity to wheat. *Phytopathology*. 1988;78:586–589.
22. Xu X., Nicholson P., Thomsett M. et al. Relationship between the fungal complex causing *Fusarium* head blight of wheat and environmental conditions. *Phytopathology*. 2008;98(1):69–78.
23. Yli-Mattila T., Opoku J., Ward T.J. Population structure and genetic diversity of *Fusarium graminearum* from southwestern Russia and the Russian Far East as compared with northern Europe and North America. *Mycologia*. 2023:1–11.

## Сведения об авторах

**Шварцев Алексей Анатольевич**, научный сотрудник ООО «Синтол», аспирант РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; Российская Федерация, 127434, г. Москва, Тимирязевская ул., 42; тел.: (925) 161–15–63; e-mail: alexey.sva@yandex.ru

**Коньшева Мария Леонидовна**, научный сотрудник ООО «Синтол»; 127434, Российская Федерация, г. Москва, Тимирязевская ул., 42; тел.: (920) 627–04–90; e-mail: mariakorolewa@inbox.ru

**Савинова Софья Алексеевна**, научный сотрудник ООО «Синтол»; 127434, Российская Федерация, г. Москва, Тимирязевская ул., 42; тел.: (967) 135–13–59; e-mail: sofasavinova@yandex.ru

**Алексеев Яков Игоревич**, канд. биол. наук, директор по науке ООО «Синтол», ведущий научный сотрудник ИАП РАН; 127434, Российская Федерация, г. Москва, Тимирязевская ул., 42; ФГБУН Институт аналитического приборостроения РАН; 198095, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург, ул. Ивана Черных, 31–33; тел.: (916) 628–00–31; e-mail: jalex2071@gmail.com

**Пыльнев Владимир Валентинович**, д-р биол. наук, профессор кафедры генетики, селекции и семеноводства РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел.: (915) 093–07–85; e-mail: pyl8@yandex.ru

## Information about the authors

**Alexey A. Shvartsev**, Research Associate at ООО “Syntol”, postgraduate student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (42 Timiryzevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation; phone: (925) 161–15–63; e-mail: alexey.sva@yandex.ru)

**Marya L. Konysheva**, Research Associate at ООО “Syntol” (42 Timiryzevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation; phone: (967) 627–04–90; e-mail: mariakorolewa@inbox.ru)

**Sofya A. Savinova**, Research Associate at ООО “Syntol” (42 Timiryzevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation; phone: (920) 135–13–59; e-mail: sofasavinova@yandex.ru)

**Yakov I. Alekseev**, CSc (Bio), Director of Science, ООО “Syntol”, Leading Research Associate, Institute for Analytical Instrumentation of the Russian Academy of Sciences (42 Timiryzevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation; 31–33, Ivana Chernykh St., St. Petersburg, 198095, Russian Federation; phone: (916) 628–00–31; e-mail: jalex2071@gmail.com)

**Vladimir V. Pylnev**, DSc (Bio), Professor at the Department of Genetics, Plant Breeding and Seed Production, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryzevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation; phone: (915) 093–07–85; e-mail: pyl8@yandex.ru)

ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ВОЗБУДИТЕЛЯ  
СЕТЧАТОЙ ПЯТНИСТОСТИ ЛИСТЬЕВ (*PYRENOPHORA TERES*)  
К ДВУХКОМПОНЕНТНЫМ ФУНГИЦИДАМ  
НА ОСНОВЕ ТРИАЗОЛОВОГО И СТРОБИЛУРИНОВОГО КЛАССОВ

Я.В. ЯХНИК, Г.В. ВОЛКОВА

(Федеральный научный центр биологической защиты растений)

Исследования проводили с целью изучения чувствительности сетчатой пятнистости листьев (возбудитель – *Pyrenophora teres* Drechsler) к двухкомпонентным фунгицидам на основе триазолового и стробилуринового классов. Работу выполняли на интактных растениях ячменя и в чистой культуре гриба с использованием 4 препаратов (Амистар Экстра, СК, Амистар Голд, СК, Балий, КМЭ, Деларо, КС) и 3 вариантов обработки с различной от рекомендуемой производителями нормой применения: 0% (контроль без фунгицида), 50%, 100% (рекомендуемая производителями норма), 150%, 200%. Было выявлено, что чувствительность гриба *P. teres* значительно варьировала в зависимости от действующего вещества в составе токсиканта и механизмов взаимодействия с препаратом – *in vivo* (опосредованное) или *in vitro* (прямое). При обработке растений рекомендуемой производителями нормой минимальная биологическая эффективность выявлена после обработки фунгицидом Деларо, КС – 76,3% (на основе протиоконазола (175 г/л) и трифлуксистробина (150 г/л)), максимальные показатели биологической эффективности выявлены после обработки препаратом Балий, КМЭ – 83,1% (на основе азоксистробина (120 г/л) и пропиконазола (180 г/л)). При внесении фунгицидов в чашки с питательной средой рост колоний гриба замедлился во всех опытных вариантах, максимальные показатели биологической эффективности выявлены при внесении препаратов Амистар Голд, СК – 98,8% (на основе азоксистробина (125 г/л) и дифеноконазола (125 г/л)), Деларо, КС – 98,4% (на основе протиоконазола (175 г/л) и трифлуксистробина (150 г/л)); минимальные значения выявлены при внесении препарата Амистар Экстра, СК – 38,8% (на основе азоксистробина (200 г/л) и ципроконазола (80 г/л)). Внесение всех препаратов на питательную среду вызвало чрезмерное структурирование и патологическую дифференциацию мицелия гриба *P. teres*, на среде с фунгицидами наблюдалось ускорение фаз роста колоний в сравнении с контрольным вариантом. Внесение препаратов Амистар Голд, СК, Деларо, КС, и Балий, КМЭ полностью ингибировало споруляцию. Проведенные исследования позволили получить новые знания по изменению морфолого-культуральных признаков региональной популяции *P. teres* под действием фунгицидов триазолового и стробилуринового классов и ее чувствительности к токсикантам.

**Ключевые слова:** ячмень озимый, *Pyrenophora teres*, сетчатая пятнистость листьев, болезни ячменя, фунгициды, чувствительность.

## Введение

Сетчатая пятнистость листьев (возбудитель заболевания – аскомицет *Pyrenophora teres* (Died.) Drechsler) является одним из наиболее распространенных и вредоносных заболеваний ячменя озимого (*Hordeum vulgare* L.) во всем мире, вызывающее потери урожая до 50% и значительно снижающее качество зерна [15, 18]. Ввиду активных микроэволюционных процессов популяции патогена способны адаптироваться к высеваемым в конкретных регионах сортам, индуцируя быструю потерю сортовой устойчивости, а также мутировать и приобретать устойчивость к наиболее распространенным

и широко применяемым современным фунгицидам. Резистентность к фунгицидам, содержащим хинон-внешний ингибитор (QoI), ингибитор сукцинатдегидрогеназы (SDHI) и ингибитор деметилазы (DMI), в связи с повышением интенсификации сельскохозяйственного производства наблюдается повсеместно, однако мутация против фунгицидов QoI обеспечивает лишь частичную устойчивость, в связи с чем химический класс стробилуринов до сих пор остается эффективным против сетчатой пятнистости листьев [10].

Химическая защита от сетчатой пятнистости листьев ячменя обычно достигается за счет использования смесей фунгицидов, включающих в себя стробилурины, триазолы и карбоксамиды. Исследования, проведенные в Австралии, выявили снижение чувствительности к фунгицидам наиболее распространенного триазолового класса у изолятов, выделенных после 2015 г., они имели умеренную и высокую резистентность к тебуконазолу [13]. Также в последние годы у возбудителя сетчатой пятнистости листьев на посевах в Австралии возникла устойчивость к группе ингибиторов сукцинатдегидрогеназы (пиразолкарбоксамиды), которые представляют собой один из ключевых классов фунгицидов, используемых для борьбы с сетчатой пятнистостью. Новые двойные мутации гриба *P. teres* f. *teres* привели к возникновению устойчивых к пидифлуметофену и флюксапироксаду форм в Аргентине в 2021 г. [16]. Резистентность к фунгицидам стробилуринового класса, выявленная у изолятов гриба *P. teres* в Японии, связана с мутацией, которая препятствует взаимодействию белка CytB и фармакофора QoI [14]. Такой тип мутантов QoI-R демонстрирует частичную устойчивость к QoI у патогенных грибов *P. teres*. Аналогичные данные о выявлении резистентных к фунгицидам основных химических классов форм гриба *P. teres* фиксируются повсеместно [8, 11, 17]. Снижение или полное отсутствие чувствительности фитопатогенных грибов к химическим обработкам приводят к снижению урожайности, ухудшению качественных характеристик зерна и к контаминации семян микотоксинами.

Необходимо проводить перманентные исследования изменения чувствительности доминантов фитопатогенного комплекса к основному ассортименту используемых защитных препаратов на химической основе для обоснования антирезистентной стратегии защиты озимого ячменя, контроля источника возможной инфекции и получения качественного урожая. Предотвращение эпифитотий сетчатой пятнистости листьев ячменя обеспечит продовольственную и экологическую безопасность как региона, так и страны.

Таким образом, возникает необходимость в изучении чувствительности региональной популяции *P. teres* к фунгицидам наиболее распространенных и широко применяемых на юге России химических классов.

**Цель исследований:** изучить чувствительность возбудителя сетчатой пятнистости листьев (гриб *P. teres*) к двухкомпонентным фунгицидам на основе триазолового и стробилуринового классов (Амистар Экстра, СК (азоксистробин 200 г/л + ципроконазол 80 г/л); Амистар Голд, СК (азоксистробин 125 г/л + дифеноконазол 125 г/л); Балий, КМЭ (азоксистробин 120 г/л + пропиконазол 180 г/л); Деларо, КС (протионазол 175 г/л + трифлуксистробин 150 г/л)).

## Материал и методы исследований

Исследования проводили в Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Федеральный научный центр биологической защиты растений» (ФГБНУ ФНЦБЗР) с использованием уникальной научной установки «Фитотрон для выделения, идентификации, изучения и поддержания рас, штаммов, фенотипов патогенов» (<https://ckp-rf.ru/catalog/usu/671925/>) и объектов биоресурсной коллекции ФГБНУ ФНЦБЗР «Государственная коллекция энтомоакарифагов и микроорганизмов».

Для создания искусственного инфекционного фона образцы растений с признаками поражения сетчатой пятнистостью отбирали на производственных посевах озимого ячменя Краснодарского края. Из одного листа выделяли один изолят гриба. После высыхания при температуре 20°C с листьев вырезали пораженные участки ткани (5 × 10 мм), поверхность дезинфицировали 1%-ным раствором гипохлорита натрия в течение 2 мин, затем промывали 3 раза стерильной водой в течение 2 мин и высушивали на стерилизованной фильтровальной бумаге. Продезинфицированные срезы растений помещали на морковно-свекольный агар (120 мл моркови, 120 мл свеклы, 20 г агара, 1 л воды) и инкубировали в течение 5 дней при 23°C под УФ-лампами (30 Вт UVB280–315 нм) [3]. Через 5 дней стерильной иглой переносили одну конидию в чашки с свекольно-морковным агаром для размножения.

Для исследований отобрали широко используемые химические фунгициды – производные триазолов и стробилуринов: Амистар Экстра, СК, 1 л/га (азоксистробин 200 г/л + ципроконазол 80 г/л); Амистар Голд, СК, 1 л/га (азоксистробин 125 г/л + дифеноконазол 125 г/л); Балий, КМЭ, 0,8 л/га (азоксистробин 120 г/л + пропиконазол 180 г/л); Деларо, КС, 1 л/га (протиоконазол 175 г/л + трифлуксистробин 150 г/л). Исследования проводили с использованием 5 вариантов обработки препаратами с разной нормой применения в процентном соотношении к разрешенной в сельском хозяйстве: 0% (контроль без фунгицида), 50%, 100% (вариант с разрешенной в сельском хозяйстве нормой применения), 150%, 200%.

Чувствительность к препаратам изучали на интактных растениях озимого ячменя, восприимчивого к патогену сорта Романс, и *in vitro* на чистой культуре *P. teres*. Для каждого опытного варианта в условиях климатокamеры Binder KBWF 720 (температура +23,0°C, влажность – 80%, освещенность – 13000 люкс) были посеяны по 3 вазона по 12–15 растений (объем – 0,5 л). Инокуляцию восприимчивого сорта озимого ячменя Романс возбудителем сетчатой пятнистости проводили методом опрыскивания (концентрация 40×10<sup>3</sup> конидий на 1 мл) в стадии двух развернутых листьев, затем растения на сутки были помещены в полиэтиленовые изоляторы [7]. Обработку фунгицидами осуществляли через 3 суток после инокуляции, учет – через 7 дней после обработки препаратами.

Чувствительность к фунгицидам в чистой культуре *P. teres* изучали в чашках Петри на морковно-свекольном агаре. В чашки вносили растворы с разной нормой применения в процентном соотношении к разрешенной в сельском хозяйстве методом растирания по поверхности среды согласно методике Чекмарева [6]. Через сутки в чашки Петри вносили мицелиальные диски питательной среды с 7-дневной культурой гриба *P. teres*, вырезанные микробиологическим сверлом. Инкубацию патогена проводили в течение 7 дней (23°C под УФ лампами 30 W UVB280–315 нм), затем был измерен и рассчитан диаметр выросших на питательной среде с препаратом колоний. Интенсивность споруляции рассчитывали через 10 дней после инкубации (23°C под УФ лампами 30 W UVB280–315 нм). Из каждой чашки Петри готовили 10 мл конидиальной суспензии, затем подсчитывали количество спор в 1 мл суспензии с помощью ColonyCount, Schuett. При учете споруляции в чашках Петри с фунгицидами ввиду маленьких размеров колоний было использовано микробиологическое сверло, затем с вырезанного мицелиального диска отделена спорово-суспензионная масса и рассчитана споруляция. Полученные данные умножены на частное от площади чашки и площади мицелиального диска.

В каждом опытном варианте было использовано 3 повторности. Биологическую эффективность (БЭ) рассчитывали по формуле Аббота, полуэффективную концентрацию (EC<sub>50</sub>) – с помощью сервиса «Quest Graph™ EC50 Calculator». Статистическое различие выборок оценивали с помощью критерия Фишера ( $\alpha = 0,05$ ). Расчет производили с использованием программного обеспечения StatSoft Statistica v13.0.

## Результаты и их обсуждение

При обработке пораженных сетчатой пятнистостью листьев растений фунгицидами в различных концентрациях было выявлено, что обработка половинной от рекомендуемой производителями нормы замедляет развитие болезни от 52,5% (Деларо, КС) до 66,1% (Амистар Голд, СК) (табл. 1).

При обработке растений рекомендуемой производителями нормой минимальная биологическая эффективность выявлена после обработки препаратом Деларо, КС (76,3%), максимальные показатели выявлены после обработки препаратом Балий, КМЭ (83,1%). При увеличении дозы фунгицида в растворе до двойной нормы через 7 дней после обработки на растениях во всех опытных вариантах были также отмечены минимальные очаги поражения сетчатой пятнистостью листьев в виде отдельных некрозов и хлорозов (рис. 1). Ингибирующее развитие болезни под действием двойной нормы фунгицидов наблюдалось в диапазоне от 88,1% (Деларо, КС) до 96,6% (Балий, КМЭ), биологическая эффективность препаратов Амистар Голд, СК и Амистар Экстра, СК выявлена на уровне 89,8 и 93,2% соответственно.

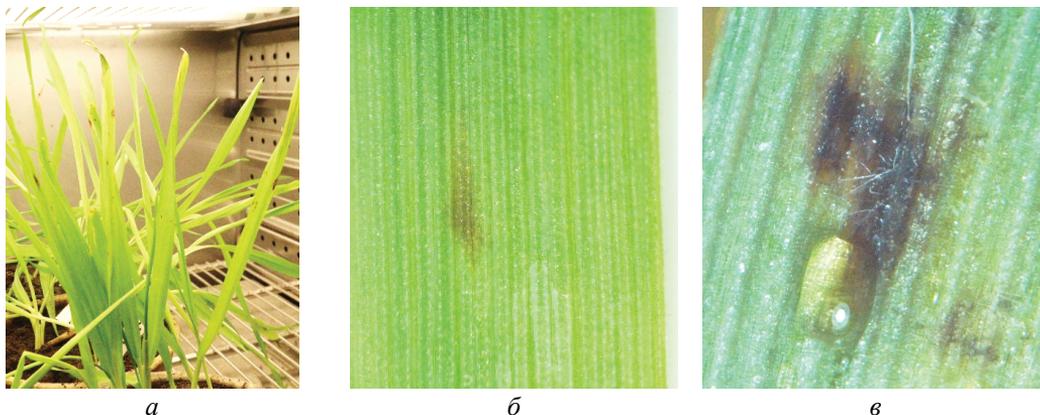
В состав препаратов Деларо, КС и Балий, СК входит действующее вещество протиоконазол из группы ингибиторов синтеза эргостерина, обладающее защитным, искореняющим и лечебным действием, а также стимулирующим рост корней и побегов растения [5]. Второе действующее вещество каждого препарата относится к химической группе стробилуринов: трифлуксистробин (Деларо, КС) и азоксистробин (Балий, СК). По данным литературы, трифлуксистробин обладает активностью широкого спектра с защитным и лечебным действием, может перемещаться через газовую фазу, мезостемно и трансламинарно, положительно влияет на увеличение содержания белка в зернах пшеницы в связи со стимулирующим действием на нитратредуктазу [4]. Азоксистробин ингибирует прорастание спор грибов, обладает искореняющим, защитным, трансламинарным и системным действием.

Таблица 1

### Развитие сетчатой пятнистости листьев на растениях ячменя после обработки фунгицидами различных химических классов, сорт Романс (тепличный комплекс ФГБНУ ФНЦБЗР, 2023 г.)

Фунгицид	EC <sub>50</sub> , мг/мл	Развитие болезни, %				
		0%*	50%	100%	150%	200%
Амистар Голд, СК	0,35	59,0±4,0	20,0±3,3	11,0±2,8	6,0±1,6	6,0±1,6
Биологическая эффективность, %		-	66,1	81,4	89,8	89,8
Амистар Экстра, СК	0,80	59,0±4,0	23,0±2,3	12,0±2,1	11,0±1,6	4,0±0,4
Биологическая эффективность, %		-	61,0	79,7	81,4	93,2
Балий, КМЭ	0,77	59,0±4,0	21,0±2,0	10,0±2,0	6,0±1,6	2,0±0,4
Биологическая эффективность, %		-	64,4	83,1	89,8	96,6
Деларо, КС	0,80	59,0±4,0	25,0±3,3	14,0±2,1	14,0±2,1	7,0±1,4
Биологическая эффективность, %		-	52,5	76,3	76,3	88,1

\*Норма применения от разрешенной в сельском хозяйстве, %.



**Рис. 1.** Пораженные сетчатой пятнистостью листья ячменя озимого после обработки препаратом Балий, КМЭ в рекомендуемой норме:  
 а) через 7 дней после обработки препаратом;  
 б) хлороз на листовой пластине (увеличение в 2 раза);  
 в) прорастание мицелия гриба через сутки после помещения на питательную среду пораженного участка листа (увеличение в 4 раза) (лабораторный комплекс ФГБНУ ФНЦБЗР, 2023 г., ориг.)

Принципиальное различие между веществами отмечается в работах Bartlett с группой исследователей, которые выявили, что азоксистробин распространяется трансламинарно, а также поднимается по ксилеме в организме растения выше точки поглощения [9]. В исследовании перераспределение азоксистробина после обработки зоны у основания листа привело к защите от болезней до верхушки листовой пластины, в то время как другие протестированные стробилурины не показали таких результатов.

Анализ биологической эффективности препаратов Амистар Голд, СК и Амистар Экстра, СК в различных нормах применения выявил невысокие, но статистически достоверные различия между опытными вариантами ( $F_t 10,1 < F_f 19,2$ ). В состав обоих фунгицидов входит действующее вещество азоксистробин химического класса стробилуринов в различных концентрациях (Амистар Голд, СК 125 г/л, Амистар Экстра, СК 200 г/л). Второе действующее вещество каждого препарата относится к классу триазолов, механизм действия которых заключается в ингибировании биосинтеза стерина, нарушении функционирования клеточных мембран, клеточного деления, задерживании стимуляции роста и полового размножения гриба. Ципроконазол (входит в состав Амистар Экстра, СК) является умеренно растворимым в воде веществом (140 мг/л), поэтому быстро поглощается тканями и перераспределяется по всему листу, передвигается акропетально, базипетально и ламинарно; проявляет фунгитоксичность при относительно низких нормах расхода, усваивается корнями, передвигается в надземные органы, а также обладает значительной стойкостью в биологических средах, обеспечивая защитное действие до 45 суток [1]. Дифеноконазол (входит в состав Амистар Голд, СК) обладает значительно меньшей растворимостью в воде (5 мг/л) и способностью активно перемещаться по растению, вещество сорбируется листьями, оказывая защитное и лечащее действие. Фунгициды с дифеноконазолом широко используют при обработке против листовых болезней, в качестве протравителей семенного материала, а также при нанесении на корни, так как вещество усваивается корнями растений и доставляется в другие части через ткани ксилемы [12]. В то же время дифеноконазол обладает фитотоксичностью к проросткам пшеницы, так как вызывает

окислительный стресс, снижает биосинтез хлорофилла, подавляет рост и развитие растений. Угнетение растения-хозяина снижает защитные барьеры организма, что положительно влияет на развитие инфекционного процесса вследствие поражения гембиотрофными патогенами.

Механизмы действия фунгицидов имеют различия при опосредованном воздействии на патосистему «Патоген-растение» ввиду взаимодействия нескольких живых объектов и непосредственно на патоген, выделенный в чистой культуре и растущий на питательной среде. При внесении препаратов в рекомендуемой производителями норме в чашки рост колоний замедлился во всех опытных вариантах, максимальные показатели биологической эффективности выявлены при внесении препаратов Амистар Голд, СК (98,8%) и Деларо, КС (98,4%), минимальные значения выявлены при внесении препарата Амистар Экстра, СК (38,8%) (табл. 2).

Увеличение нормы применения препаратов Амистар Голд, СК и Деларо, КС на 50% привело к полному ингибированию роста колоний. Двойная норма от рекомендованной производителями полностью ингибировала рост мицелия при внесении препаратов Амистар Голд, СК, Балий, КМЭ и Деларо, КС. При внесении препарата Амистар Экстра, СК средний диаметр мицелия в чашках составил 11,7 мм (в контроле – 56,7 мм) (рис. 2).

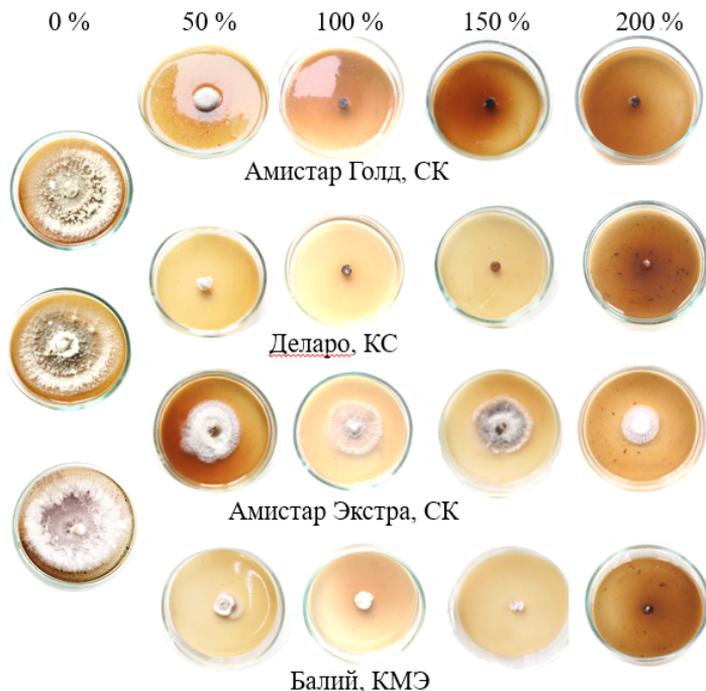
Дифеноконазол действует напрямую на патоген, полностью ингибирует рост субкутикулярного мицелия, снижает уровень спороношения гриба. Под действием ципроконазола в клетках грибов происходит ингибирование биосинтеза стероидов, в том числе эргостерола, с подавлением С-14-деметилирования при взаимодействии с цитохромом Р-450. Широкое использование ципроконазола в сельском хозяйстве обусловлено также достаточным спектром действия именно в растениях, так как происходит увлечение содержания хлорофилла, увеличивается всхожесть проростков [2].

Таблица 2

**Диаметр колоний *Pyrenophora teres* на мицелиальных дисках после внесения химических фунгицидов на питательную среду (лабораторный комплекс ФГБНУ ФНЦБЗР, 2023 г.)**

Фунгицид	ЕС <sub>50</sub> , мг/мл	Диаметр колоний, мм				
		0%*	50%	100%	150%	200%
Амистар Голд, СК	0,03	56,7±4,0	6,0±0,8	0,7±0,4	0	0
Биологическая эффективность, %		-	89,4	98,8	100	100
Амистар Экстра, СК	1,05	56,7±4,0	31,7±2,3	34,7±3,6	27,0±2,0	11,7±0,8
Биологическая эффективность, %		-	44,1	38,8	52,4	79,4
Балий, КМЭ	0,68	56,7±4,0	10,0±0,9	6,7±0,4	1,3±0,4	0
Биологическая эффективность, %		-	82,4	88,2	97,7	100
Деларо, КС	0,01	56,7±±4,0	3,0±0,4	0,9±0,2	0	0
Биологическая эффективность, %		-	94,7	98,4	100	100

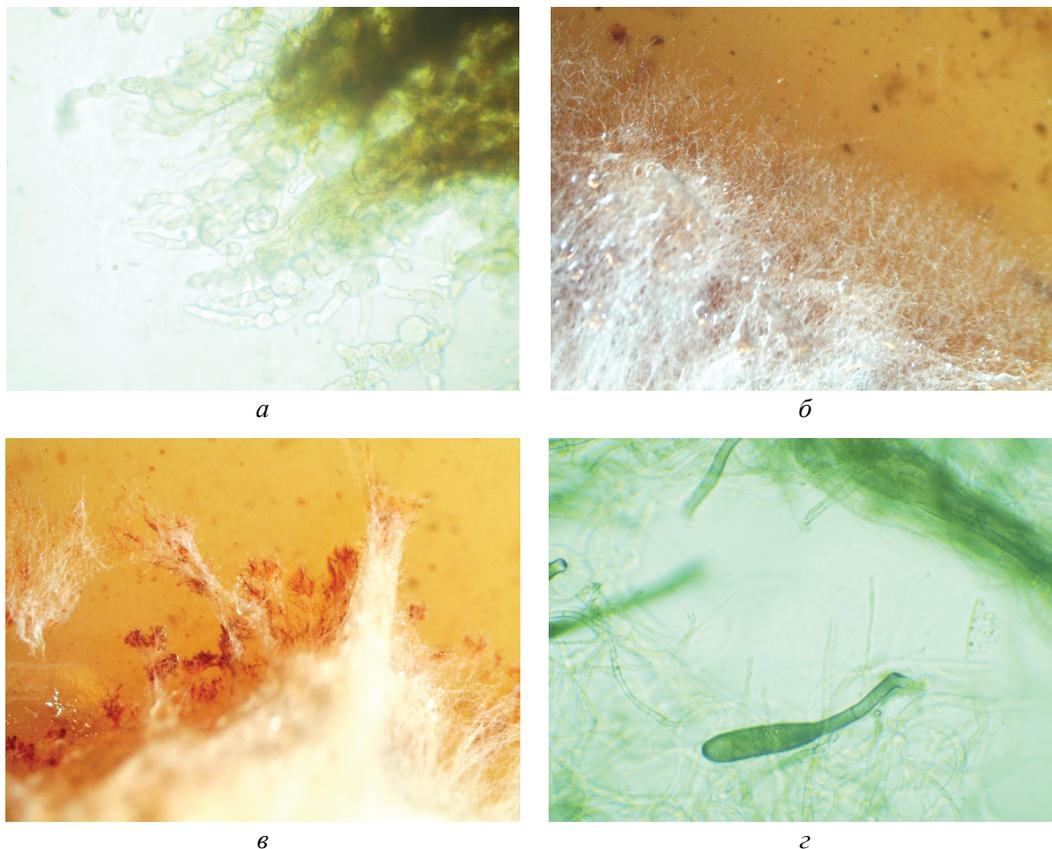
\*Норма применения от разрешенной в сельском хозяйстве, %.



**Рис. 2.** Ингибирование роста колоний *Pyrenophora teres* через 7 суток инкубации с химическими фунгицидами на питательной среде (лабораторный комплекс ФГБНУ ФНЦБЗР, 2023 г., ориг.)

Внесение в чашки Петри препаратов Деларо, КС и Балий, КМЭ полностью ингибировало споруляцию, наблюдался сильно структурированный мицелий гриба с патологической дифференциацией, уменьшенным расстоянием между перегородками, лизисом отдельных клеток, подавлением ветвления и роста боковых гиф растущим концом главной гифы вследствие конкуренции за источник питания (рис. 3а). При внесении препаратов Амистар Экстра, СК и Амистар Голд, СК гриб *Pyrenophora teres* образовал пленчатую колонию с белым стерильным мицелием, характерную для питательных сред с недоступными питательными веществами (рис. 3б). Также стоит отметить в опытных вариантах наличие слабо структурированного мицелия с красным оттенком (рис. 3в). Внесение препаратов Балий, КМЭ и Деларо, КС обеспечило рост колоний гриба только по периметру внесенного диска с питательной средой. На среде с фунгицидами наблюдалось ускорение фаз роста колоний в сравнении с контрольным вариантом, так как наблюдались признаки фазы старения при наличии экспоненциальной фазы роста колоний в контрольном варианте.

В чашках Петри с фунгицидом Амистар Экстра, СК было выявлено конидиальное спороношение. При внесении 50% от рекомендуемой производителями нормы споруляция составила  $1,1 \pm 0,8 \times 10^3$  шт/мл, конидиофоры одиночные, некоторые конидии не были отсоединены от конидиеносцев, что свидетельствует об их нежизнеспособности (рис. 3г). Внесение в чашки с питательной средой рекомендуемой производителями нормы препарата стимулировало увеличение количества конидий и составило  $9,2 \pm 3,4 \times 10^3$  шт/мл. В 77,2% случаев это были 2–3-септированные конидии, остальные конидии содержали 4 септы. В одной чашке Петри с 150% от рекомендуемой производителями нормой фунгицида были выявлены одиночные конидии, в чашке с двойной нормой препарата конидии не выявлены.



**Рис. 3.** Ингибирование образования нормальных морфологических структур *Pyrenophora teres*:  
 а) образование мицелия с патологической дифференциацией при внесении препарата Балий, КМЭ (рекомендуемая производителями норма);  
 б) образование плечатой колонии с белым мицелием при внесении препарата Амиста р Экстра, СК (200% рекомендуемой нормы);  
 в) формирование слабо структурированного мицелия с красным оттенком при внесении препарата Балий, КМЭ (рекомендуемая производителями норма);  
 г) формирование единичных конидий на концах конидиеносцев при внесении на среду препарата Амистар Экстра, СК (50% рекомендуемой нормы)  
 (лабораторный комплекс ФГБНУ ФНЦБЗР, 2023 г., ориг.)

### Выводы

Чувствительность возбудителя сетчатой пятнистости листьев ячменя к химическим фунгицидам значительно варьировала в зависимости от действующего вещества в составе токсиканта и механизмов взаимодействия с препаратом – *in vivo* (опосредованное взаимодействие) или *in vitro* (прямое влияние).

При обработке растений рекомендуемой производителями нормой минимальная биологическая эффективность выявлена после обработки препаратом Деларо, КС – 76,3% (протиоконазол 175 г/л + трифлуксистробин (Зато) 150 г/л), максимальные показатели биологической эффективности выявлены после обработки препаратом Балий, КМЭ – 83,1% (азоксистробин 120 г/л + пропиконазол 180 г/л).

При внесении препаратов в рекомендуемой производителями норме в чашки с питательной средой рост колоний замедлился во всех опытных вариантах. Максимальные показатели биологической эффективности выявлены при внесении

препаратов Амистар Голд, СК – 98,8% (азоксистробин 125 г/л + дифеноконазол 125 г/л) и Деларо, КС – 98,4% (протиоконазол 175 г/л + трифлюксистробин 150 г/л); минимальные значения выявлены при внесении препарата Амистар Экстра, СК – 38,8% (азоксистробин 200 г/л + ципроконазол 80 г/л).

Внесение всех изученных препаратов на питательную среду вызвало патологические изменения в структуре мицелия гриба *P. teres*. Также на среде с фунгицидами наблюдалось ускорение фаз роста колоний в сравнении с контрольным вариантом.

Внесение препаратов Амистар Голд, СК, Деларо, КС и Балий, КМЭ полностью ингибировало споруляцию *P. teres* при всех нормах применения.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23–76–10063, <https://rscf.ru/project/23-76-10063/>

### Библиографический список

1. Андреева Е.И., Зинченко В.А. Системные фунгициды – ингибиторы биосинтеза эргостерина // Журнал «АгроXXI». – 2002. – № 4. – С. 14–15.
2. Байбакова Е.В., Нефедьева Е.Э., Белопухов С.Л., Зорькина О.В., Желтобрюхов В.Ф., Колотова О.В., Могилевская И.В. Физиологические особенности действия флудиоксонила и ципроконазола на прорастание зерновок пшеницы // АгроЭкоИнфо. – 2021. – № 3. – С. 1–19.
3. Волкова Г.В., Яхник Я.В., Кремнева О.Ю., Мерзлякина Е.Н. Подбор оптимальной питательной среды для культивирования *Pyrenophora teres* Drechsler // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2022. – № 3 (59). – С. 122–127. <https://doi.org/10.18286/1816-4501-2022-3-122-127>.
4. Захарычев В.В., Марцынкевич А.М. Аналоги стробилуринов в защите растений // Агрехимия. – 2013. – № 12. – С. 64–74.
5. Санеева Е.А., Зорькина О.В., Нефедьева Е.Э. Исследование фитотоксического действия тебуконазола, протиоконазола, флудиоксонила и препаратов на их основе на энергию прорастания и рост проростков пшеницы и горчицы белой // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. – 2022. – Т. 14, № 5. – С. 166–186. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2022-14-5-166-186>.
6. Чекмарев В.В., Зеленева Ю.В., Бучнева Г.Н., Корабельская О.И., Дубровская Н.Н., Левин В.А., Фирсов В.Ф. Методика определения биологической эффективности фунгицидов в отношении грибов рода *Fusarium* и их резистентности к химическим препаратам. – Тамбов: Принт-Сервис, 2015. – 61 с.
7. Afanasenko O.S., Jalli M., Pinnschmidt H.O., Filatova O., Platz G. J. Development of an international standard set of barley differential genotypes for *Pyrenophora teres* f. *teres* // Plant Pathology. – 2009. – Т. 58, № 4. – С. 665–676. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2009.02062.x>.
8. Backes A., Vaillant-Gaveau N., Esmaeel Q. Biological agent modulates the physiology of barley infected with *Drechslera teres* // Sci Rep. – 2021. – P. 8330. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-87853-0>.
9. Bartlett D.W., Clough J.M., Godwin J.R., Hall A.A., Hamer M., Parr-Dobrzanski B. The strobilurin fungicides // Pest Management Science: formerly Pesticide Science. – 2002. – Т. 58, № 7. – Pp. 649–662. <https://doi.org/10.1002/ps.520>.
10. Ellwood S.R., Piscetek V., Mair W.J., Lawrence J.A., Lopez-Ruiz F.J., Rawlinson C. Genetic variation of *Pyrenophora teres* f. *teres* isolates in Western Australia and emergence of a Cyp51A fungicide resistance mutation // Plant Pathology. – 2019. – Т. 68, № 1. – Pp. 135–142. <https://doi.org/10.1111/ppa.12924>.

11. Knight N.L., Adhikari K.C., Dodhia K.N., Mair W.J., Lopez-Ruiz F.J. Workflows for detecting fungicide resistance in net form and spot form net blotch pathogens // Pest Management Science. – 2023. – P. 7951. <https://doi.org/10.1002/ps.7951>.
12. Liu R., Li J., Zhang L., Feng T., Zhang Z., Zhang B. Fungicide difenoconazole induced biochemical and developmental toxicity in wheat (*Triticum aestivum* L.) // Plants. – 2021. – T. 10, № 11. – P. 2304. <https://doi.org/10.3390/plants10112304>.
13. Mair W.J., Wallwork H., Garrard T.A., Haywood J., Sharma N., Dodhia K.N., Lopez-Ruiz F.J. Emergence of resistance to succinate dehydrogenase inhibitor fungicides in *Pyrenophora teres* f. *teres* and *P. teres* f. *maculata* in Australia // BioRxiv. – 2023. – P. 2023.04. 23.537974. DOI: <https://doi.org/10.1101/2023.04.23.537974>
14. Matsuzaki Y., Kiguchi S., Suemoto H., Iwahashi F. Antifungal activity of metyltetraprole against the existing QoI-resistant isolates of various plant pathogenic fungi: Metyltetraprole against QoI-R isolates // Pest management science. – 2020. – T. 76, № 5. – Pp. 1743–1750. <https://doi.org/10.1002/ps.5697>.
15. Mironenko N.V., Lashina N.M., Baranova O.A., Zubkovich A.A., Afanasenko O.S. Hybridization between *Pyrenophora teres* Forms in Natural Populations of Russia and the Republic of Belarus // Doklady Biological Sciences. – Moscow: Pleiades Publishing, 2022. – T. 507, № 1. – C. 373–379. <https://doi.org/10.1134/S0012496622060114>.
16. Sautua F.J., Carmona M.A. SDHI resistance in *Pyrenophora teres* f. *teres* and molecular detection of novel double mutations in *sdh* genes conferring high resistance // Pest Management Science. – 2023. – № 79 (9). – Pp. 3300–3311. <https://doi.org/10.1002/ps.7517>.
17. Tini F., Covarelli L., Ricci G., Balducci E., Orfei M., Beccari G. Management of *Pyrenophora teres* f. *teres*, the causal agent of net form net blotch of barley, in a two-year field experiment in central Italy // Pathogens. – 2022. – № 11 (3). – P. 291. <https://doi.org/10.3390/pathogens11030291>.
18. Vasileva K. Monitoring of barley net blotch (*Pyrenophora teres* Drechsler) in Bulgaria // Scientific Papers. Series A. Agronomy. – 2022. – T. 65, № 1. – Pp. 373–379.

SENSITIVITY OF THE CAUSATIVE AGENT OF NET BLOTCH  
OF BARLEY (*PYRENOPHORA TERES*) TO A TWO-COMPONENT FUNGICIDE  
BASED ON TRIAZOLE AND STROBILURINE CLASSES

YA.V. YAKHNIK, G.V. VOLKOVA,

(Federal Research Center of Biological Plant Protection)

*The study was conducted to investigate the sensitivity of net blotch of barley (pathogen – *Pyrenophora teres* Drechsler) to two-component fungicides based on triazole and strobilurine classes. The work was carried out on intact barley plants and in pure culture of the fungus using four preparations (Amistar Extra, SC, Amistar Gold, SC, Baliy, MC, Delaro, SC) and five treatment options with different application rates from those recommended by the manufacturers (0 (control without fungicide), 50%, 100% (manufacturers' recommended rate), 150%, 200%). It was found that the sensitivity of the *P. teres* fungus varied significantly depending on the active ingredient in the toxicant and the mechanism of interaction with the preparation – in vivo (indirect) or in vitro (direct). When the plants were treated with the doses recommended by the manufacturers, the minimum biological efficacy was found after treatment with the fungicide Delaro, SC – 76.3% (based on protioconazole (175 g/l) and trifloxystrobin (150 g/l)), the maximum biological efficacy was found after treatment with Baliy, MC – 83.1% (based on azoxystrobin (120 g/l) and propiconazole*

(180 g/l). When fungicides were applied to cups with a nutrient medium, the growth of fungal colonies was slowed down in all experimental variants, the maximum biological efficacy values were found after application of Amistar Gold, SC – 98.8% (on the basis of azoxystrobin (125 g/l) and diflufenconazole (125 g/l)), Delaro, SC – 98.4% (based on based on prothioconazole (175 g/l) and trifloxystrobin (150 g/l)); minimum values were found when applying Amistar Extra, SC – 38.8% (on the basis of azoxystrobin (200 g/l) and ciproconazole (80 g/l)). The introduction of all preparations into the nutrient medium caused excessive structuring and pathological differentiation of *P. teres* fungus mycelium, and an acceleration of colony growth phases was observed on the medium with fungicides in comparison with the control variant. The introduction of Amistar Gold, SC, Delaro, SC, and Baliy, MC preparations completely inhibited sporulation. The conducted studies provided new knowledge on the changes in morphological and cultural characteristics of the regional population of *P. teres* under the action of fungicides of the triazole and strobilurine classes and its sensitivity to toxicants.

**Keywords:** winter barley, *Pyrenophora teres*, net blotch of barley, barley diseases, fungicides, sensitivity.

## References

1. Andreeva E.I., Zinchenko V.A. Systemic fungicides – inhibitors of ergosterol biosynthesis. *Agro XXI*. 2002;4:14–15. (In Russ.)
2. Baybakova E.V., Nefedeva E.E., Belopukhov S.L., Zorkina O.V. et al. Physiological features of the action of fludioxonil and cyproconazole on the germination of wheat kernels. *AgroEcoInfo*. 2021;3:1–19. (In Russ.)
3. Volkova G.V., Yakhnik Ya.V., Kremneva O.Yu., Merzlikina E.N. Selection of appropriate nutrient medium for cultivation of *Pyrenophora teres* Drechsler. *Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy*. 2022;3(59):122–127. (In Russ.) <https://doi.org/10.18286/1816-4501-2022-3-122-127>
4. Zakharychev V.V., Martinkevich A.M. Strobilurin analogues in plant protection. *Agrohimia*. 2013;12:64–74. (In Russ.)
5. Saneeva E., Zorkina O., Nefedeva E. Research of the phytotoxic effect of tebuconazole, prothioconazole, fludioxonil and based on them products on the germination power and growth of seedlings of wheat and white mustard. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. 2022;14(5):166–186. (In Russ.) <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2022-14-5-166-186>
6. Chekmarev V.V., Zeleneva Yu.V., Buchneva G.N., Korabelskaya O.I. et al. *Methodology for determining the biological effectiveness of fungicides against fungi of the genus Fusarium and their resistance to chemicals*. Tambov, Russia: Print-Service, 2015:61. (In Russ.)
7. Afanasenko O.S., Jalli M., Pinnschmidt H.O., Filatova O., Platz G.J. Development of an international standard set of barley differential genotypes for *Pyrenophora teres* f. *teres*. *Plant Pathology*. 2009;58(4):665–676. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2009.02062.x>
8. Backes A., Vaillant-Gaveau N., Esmael Q. Biological agent modulates the physiology of barley infected with *Drechslera teres*. *Sci Rep*. 2021:8330. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-87853-0>
9. Bartlett D.W., Clough J.M., Godwin J.R., Hall A.A. et al. The strobilurin fungicides. *Pest Management Science*. 2002;58(7):649–662. <https://doi.org/10.1002/ps.520>
10. Ellwood S.R., Piscetek V., Mair W.J., Lawrence J.A. et al. Genetic variation of *Pyrenophora teres* f. *teres* isolates in Western Australia and emergence of a Cyp51A fungicide resistance mutation. *Plant Pathology*. 2019;68(1):135–142. <https://doi.org/10.1111/ppa.12924>

11. Knight N.L., Adhikari K.C., Dodhia K.N., Mair W.J., Lopez-Ruiz F.J. Workflows for detecting fungicide resistance in net form and spot form net blotch pathogens. *Pest Management Science*. 2023;7951. <https://doi.org/10.1002/ps.7951>
12. Liu R., Li J., Zhang L., Feng T. et al. Fungicide difenoconazole induced biochemical and developmental toxicity in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Plants*. 2021;10(11):2304. <https://doi.org/10.3390/plants10112304>
13. Mair W.J., Wallwork H., Garrard T.A., Haywood J. et al. Emergence of resistance to succinate dehydrogenase inhibitor fungicides in *Pyrenophora teres* f. *teres* and *P. teres* f. *maculata* in Australia. *BioRxiv*. 2023. <https://doi.org/10.1101/2023.04.23.537974>
14. Matsuzaki Y., Kiguchi S., Suemoto H., Iwahashi F. Antifungal activity of metyltetraprole against the existing QoI-resistant isolates of various plant pathogenic fungi: Metyl tetraprole against QoI-R isolates. *Pest management science*. 2020;76(5):1743–1750. <https://doi.org/10.1002/ps.5697>
15. Mironenko N.V., Lashina N.M., Baranova O.A., Zubkovich A.A., Afanasenko O.S. Hybridization between *Pyrenophora teres* Forms in Natural Populations of Russia and the Republic of Belarus. *Doklady Biological Sciences*. 2022;507(1):373–379. <https://doi.org/10.1134/S0012496622060114>
16. Sautua F.J., Carmona M.A. SDHI resistance in *Pyrenophora teres* f. *teres* and molecular detection of novel double mutations in *sdh* genes conferring high resistance. *Pest Management Science*. 2023;79(9):3300–3311. <https://doi.org/10.1002/ps.7517>
17. Tini F., Covarelli L., Ricci G., Balducci E. et al. Management of *Pyrenophora teres* f. *teres*, the causal agent of net form net blotch of barley, in a two-year field experiment in central Italy. *Pathogens*. 2022;11(3):291. <https://doi.org/10.3390/pathogens11030291>
18. Vasileva K. Monitoring of barley net blotch (*Pyrenophora teres* Drechsler) in Bulgaria. *Scientific Papers. Series A. Agronomy*. 2022;65(1):373–379.

### Сведения об авторах

**Яхник Яна Викторовна**, аспирант, научный сотрудник лаборатории иммунитета растений к болезням Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр биологической защиты растений»; 350039, Российская Федерация, г. Краснодар, п/о 39, ФГБНУ ФНЦБЗР; тел.: (918) 320–26–46; e-mail: yahnik1@mail.ru

**Волкова Галина Владимировна**, д-р биол. наук, член-корреспондент РАН, зам. директора по развитию и координации НИР, руководитель лаборатории иммунитета растений к болезням Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр биологической защиты растений»; 350039, Российская Федерация, г. Краснодар, п/о 39, ФГБНУ ФНЦБЗР; тел.: (918) 374–76–78; e-mail: galvol.bpp@yandex.ru

### Information about the authors

**Yana V. Yakhnik**, postgraduate student, Research Associate at the Laboratory of Plant Immunity to Diseases, Federal Research Centre of Biological Plant Protection (post office 39, FSBSI FRCBPP, Krasnodar, 350039, Russian Federation; phone: (918) 320–26–46; e-mail: yahnik1@mail.ru)

**Galina V. Volkova**, DSc (Bio), Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Deputy Director for Development and Coordination, Federal Research Centre of Biological Plant Protection (post office 39, FSBSI FRCBPP, Krasnodar, 350039, Russian Federation; phone: (918) 374–76–78; e-mail: galvol.bpp@yandex.ru)

ВЛИЯНИЕ БАКТЕРИЙ И САЛИЦИЛОВОЙ КИСЛОТЫ  
НА ДЕКОРАТИВНОСТЬ *CAMPANULA ALLIARIIFOLIA*  
В БАШКИРСКОМ ПРЕДУРАЛЬЕО.В. ЛАСТОЧКИНА<sup>1</sup>, А.А. РЕУТ<sup>2</sup>, А.Р. БИГЛОВА<sup>2</sup>, И.Н. АЛЛАЯРОВА<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>Институт биохимии и генетики Уфимского федерального исследовательского центра РАН;  
<sup>2</sup>Южно-Уральский ботанический сад-институт  
Уфимского федерального исследовательского центра РАН)

*Campanula alliariifolia* Willd. – перспективная декоративная культура для контейнерного озеленения населенных пунктов. Вид включен в Красную книгу Волгоградской области. Целью исследований явилось изучение влияния *Bacillus subtilis* в отдельности и в композиции с салициловой кислотой на декоративные качества колокольчика. Опыт проводили в культуре на базе коллекционного участка ботанического сада-института в 2021–2022 гг. Изучено влияние регуляторов роста на фенологию, динамику роста, некоторые морфометрические показатели, уровень индивидуальной изменчивости и оценку декоративных качеств *C. alliariifolia*. При анализе динамики роста показано, что в период изучения максимальный прирост в сутки отмечен у инокулированных *B. subtilis* растений. Уровень индивидуальной изменчивости биометрических показателей колебался от 6,1 (толщина листа при *B. subtilis*) до 87,9% (число цветков в соцветии при комбинации *B. subtilis* с салициловой кислотой). При двухфакторном дисперсионном анализе выявлено, что влияние фактора А (сезонная изменчивость) значимо для высоты цветка и растения, длины и ширины листа, плотности соцветия и количества цветков в соцветии. Доля дисперсии параметров колебалась от 35,8 до 83,9%. Воздействие фактора В (разные варианты опыта) и А×В статистически значимо только для диаметра цветка. Средняя корреляционная связь есть только между диаметром и высотой цветка. Сильно связаны между собой только признаки цветка. Исследования показали, что оптимальным вариантом для повышения оценки декоративности, а также обилия цветения и плотности соцветий *C. alliariifolia* является инокуляция растений *B. subtilis*.

**Ключевые слова:** колокольчик чесночницелистный, оценка декоративности, салициловая кислота, *Bacillus subtilis*, динамика роста.

### Введение

Одним из вариантов рационального использования природных ресурсов, обогащения ассортимента декоративных травянистых растений и сохранения всего многообразия видов является выращивание их в культуре. Определенный интерес для настоящего исследования представляет *Campanula alliariifolia* Willd. – кавказско-малоазиатский вид, встречающийся в Закавказье и на Большом Кавказском хребте. Произрастает преимущественно на известняковых склонах, типично среднегорно-лесной вид [1]. Включен в Красную книгу Волгоградской области [2, 3].

В настоящее время самым дешевым и доступным механизмом для улучшения продуктивности и устойчивости растений в стрессовых ситуациях является

использование биологических препаратов на основе микроорганизмов (PGPB – plant growth-promoting bacteria) *Bacillus subtilis*, которые, не вызывая негативного влияния на здоровье человека и окружающую среду, могут помочь растениям простимулировать их природные защитные внутренние механизмы [4–6].

В мире постоянно проводятся исследования по выявлению современных препаратов, которые могут положительно влиять на развитие и рост растений и в то же время не наносят вред самим культурам [7, 8]. Таким требованиям полностью соответствует фитогормон салициловая кислота (СК), которая способствует устойчивости растению к действию неблагоприятных факторов и обладает механизмами стресс-протекторного эффекта [9, 10].

**Цель исследований:** подбор биопрепаратов для повышения стрессоустойчивости и декоративных качеств *Campanula alliariifolia* Willd в условиях Башкирского Предуралья.

В задачи исследований входило определение оптимального варианта опыта для выращивания колокольчика чесночницелистного в открытом грунте, когда будет наблюдаться увеличение продолжительности и обилия цветения и повышение декоративности.

### Материал и методы исследований

*C. alliariifolia* – многолетнее густоопушенное растение высотой до 70 см. Белые цветки собраны в длинную однобокую кисть. Вид применяется в альпинариях, рокариях, контейнерных посадках. После цветения растение можно срезать, что стимулирует появление новых побегов и вторичное цветение [11, 12]. Образцы *C. alliariifolia* получены семенами по делектусу из Германии в 2003 г.

По среднемноголетним данным, климат района исследований характеризуется такими показателями: безморозный период – 130–135 суток; среднегодовая температура воздуха составляет +3,7°C, средняя температура июля – +18°C, средняя температура января – –14,5°C; отрицательные средние месячные температуры – 5 месяцев в году; сумма осадков – 589 мм. В июле наблюдается наибольшее количество осадков, в марте – наименьшее. Постоянный снежный покров формируется в ноябре и держится в среднем 156 суток [13].

В 2021 г. среднесуточная температура днем, и ночью была выше на 1°C, чем в 2022 г.; ясных дней было больше на 19, облачных – на 9 дней; осадков было меньше на 28 дней. В частности, температура в мае 2021 г. была на 11°C днем и на 5°C ночью выше, чем в 2022 г., в июне – выше на 6°C днем и 2°C ночью, в августе – на 3°C днем и 2°C ночью. В мае и июне 2021 г. осадков было на 16%, в июле – на 7%, в августе – на 15% меньше, чем в 2022 г. [14].

Для выявления воздействия бактерии *Bacillus subtilis* ВКПМ ( $10^5$  КОЕ/мл) (далее – Bs) и ее комбинации с салициловой кислотой (0,05 мм (миллимоль)) (далее – СК) на морфологические параметры *C. alliariifolia* в условиях открытого грунта был поставлен опыт на участках ЮУБСИ УФИЦ РАН. Почвы опытных участков – серые и темно-серые лесные. Пахотный слой почвы имеет следующую агрохимическую характеристику: pH – 6,5; гумус – 6,1%; нитратный азот – 6,0 мг/кг; содержание подвижных форм фосфора – 176,0 мг/кг; калия – 145,0 мг/кг. Инокуляцию бактериями проводили ежегодно в период отрастания растений однократным поливом под корень (21.05.2021 г. и 23.05.2022 г.).

Штамм *B. subtilis* 10–4 ранее был детально охарактеризован [15, 16] и депонирован в БРЦ ВКПМ (№ В-12988 от 23.06.2019 г.).

Фенологические наблюдения проведены по общеизвестной методике [17]. Динамика роста изучена путем измерения высоты 30 шт. растений во всех вариантах опыта каждые 10 дней. При определении оценки декоративных качеств растений использовали стандартную методику [18]. По разработке А.С. Кашина и др. [19] вычисляли плотность соцветия растений.

При проведении анализа экспериментальных данных использовали методы описательной статистики в Excel с пакетом программ AgCStat. Сравнение средних проведено по методу теста Фишера.

### Результаты и их обсуждение

Согласно стандартным фенологическим наблюдениям *C. alliarifolia* начинает отрастать в первой декаде мая. Наиболее раннее отрастание во всех вариантах опыта наблюдали в 2021 г. (3 мая). Самый короткий период от начала весеннего отрастания до наступления фазы цветения отмечали в контрольном варианте (К) в 2021 г. (49 суток); наиболее длительный период – в варианте с бактериализации (Bs) в 2022 г. (56 суток).

Во всех вариантах опыта раннее наступление фазы бутонизации отмечено в 2021 г. (4 июня), позднее – в 2022 г. (12 июля). Продолжительность фазы бутонизации варьировала от 13 (К и при бактериализации в комбинации с салициловой кислотой (Bs+СК), 2022 г.) до 24 суток (Bs, 2021 г.).

Наиболее ранние сроки фазы цветения зафиксированы в контрольном варианте (22 июня 2021 г.), а самые поздние – при бактериализации (29 июня 2022 г.). Длительность фазы цветения колебалась от 61 (Bs, 2022 г.) до 73 суток (К, 2021 г.) (рис. 1).

Таким образом, у *C. alliarifolia* в вариантах опыта с бактериями (Bs) и совместно с салициловой кислотой (Bs+СК) произошло увеличение продолжительности фазы бутонизации и периода от отрастания до начала цветения на 3–6 суток; сократилась длительность цветения на 3–6 суток.

При проведении анализа динамики роста *C. alliarifolia* в 2021 г. выделены варианты с различной интенсивностью суточного прироста в течение вегетационного сезона: с 2 пиками роста – в контрольном варианте в фазы отрастания и цветения; с 3 пиками роста – при Bs и Bs+СК в фазы отрастания и цветения (2 пика). Наибольший суточный прирост зафиксирован при Bs в фазу цветения – 1,5 см в сутки (рис. 2).

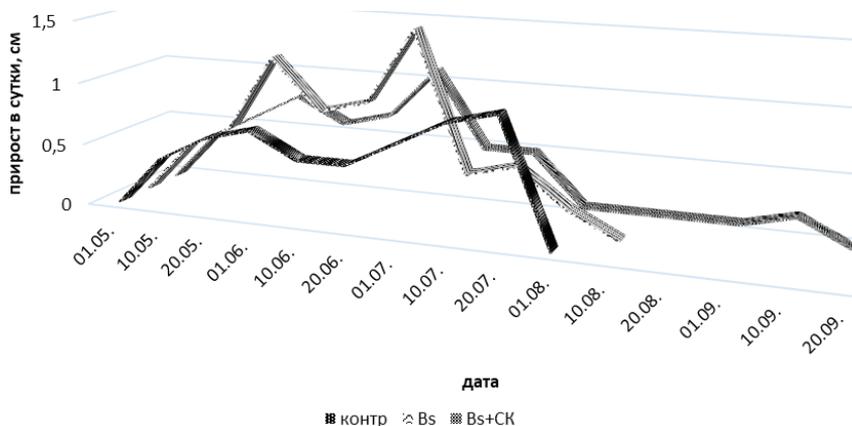
В 2022 г. выделены варианты: с 1 пиком роста – при Bs в фазу отрастания; с 3 пиками роста – при К и Bs+СК в фазы отрастания (2 пика) и цветения. Максимальный прирост отмечен при Bs в фазу отрастания – 2,9 см в сутки.

Выявлено, что у *C. alliarifolia* за период изучения максимальные показатели высоты растений и соцветия, длины листа, диаметра и высоты цветка отмечены в варианте с бактериями, минимальные – в контроле, за исключением высоты растений и диаметра цветка, где наименьшие значения встречаются при Bs+СК (табл. 1). Максимальные величины количества листьев, генеративных побегов и цветков в соцветии наблюдаются в контроле, минимальные – при Bs+СК, за исключением числа цветков в соцветии, где наименьшее значение наблюдается с Bs (табл. 2). Толщина листа варьировала от 1,5 (при К) до 2 мм (при Bs+СК).



Рис. 1. Фенологические спектры *Campanula alliarifolia* в ЮУБСИ УФИЦ РАН:

К – контрольный вариант опыта; Bs – вариант с бактериализацией;  
Bs+СК – вариант с бактериализацией с добавлением салициловой кислоты



**Рис. 2.** Динамика роста *Campanula alliariifolia* (2021 г.):  
Bs – вариант опыта с бактеризацией;  
Bs+СК – вариант с бактеризацией с добавлением салициловой кислоты

Таблица 1

**Некоторые морфометрические показатели вегетативных частей *Campanula alliariifolia***

Варианты опыта	Высота растений, см	C <sub>р</sub> %	Количество листьев, шт.	C <sub>р</sub> %	Длина листа, см	C <sub>р</sub> %	Ширина листа, см	C <sub>р</sub> %	Толщина листа, мм	C <sub>р</sub> %
К	79,3±18,6	56,9	121,5±22,4	45,1	10,8±1,6	36,1	8,8±1,1	30,5	1,5±0,2	24,6
Bs	90,5±12,4	33,6	120,8±26,7	54,2	11,9±0,9	20,1	9,5±0,5	13,1	1,7±0,1	6,1
Bs+СК	77,3±13,3	42,0	90,2±20,1	54,7	11,0±0,9	21,9	7,9±0,9	29,4	2,0±0,2	14,8

**Примечание.** К – контрольный вариант опыта, Bs – вариант с бактеризацией, Bs+СК – вариант с бактеризацией с добавлением салициловой кислоты.

Таблица 2

**Некоторые морфометрические показатели генеративных частей *Campanula alliariifolia***

Варианты опыта	Количество генеративных побегов, шт.	C <sub>р</sub> %	Количество цветков в соцветии, шт.	C <sub>р</sub> %	Диаметр цветка, см	C <sub>р</sub> %	Высота цветка, см	C <sub>р</sub> %	Высота соцветия, см	C <sub>р</sub> %	Плотность соцветия, шт/см
К	19,8±0,1	4,9	78,2±27,8	87,0	2,9±0,1	10,1	2,8±0,2	15,8	40,2±5,2	31,4	2,0
Bs	16,3±0,0	5,6	65,0±21,5	81,1	3,4±0,0	3,6	3,2±0,2	12,2	44,9±4,5	24,3	1,5
Bs+СК	12,5±0,0	3,7	76,3±27,4	87,9	2,5±0,2	20,6	2,9±0,3	25,0	43,5±3,9	22,3	1,8

**Примечание.** К – контрольный вариант опыта, Bs – вариант с бактеризацией, Bs+СК – вариант с бактеризацией с добавлением салициловой кислоты.

Таким образом, у *C. allariifolia* бактеризация положительно повлияла на такие морфометрические параметры, как высота соцветия и растения (увеличились на 11 и 14% соответственно), длина листа (на 10%), диаметр (на 17%) и высота цветка (на 14%).

Очень высоким уровнем индивидуальной изменчивости биометрических параметров характеризуются такие показатели, как высота растений в контроле и в варианте Bs+СК, количество листьев и цветков в соцветии во всех вариантах опыта (42–87,9%).

Высокая изменчивость отмечена для высоты растений с бактериями, длины и ширины листа, высоты соцветия в контроле (30,5–36,1%).

Повышенный уровень изменчивости выявлен для показателей высоты цветка, длины и ширины листа в варианте Bs+СК, толщины листа в контроле, высоты соцветия в вариантах Bs+СК и Bs (21,9–29,4%).

Средний уровень изменчивости отмечен для толщины листа и диаметра цветка в варианте Bs+СК, длины и ширины листа с бактериями, высоты цветка в контроле (13,1–20,6%).

Низкий уровень изменчивости выявлен для диаметра цветка в контроле, высоты цветка с бактериями (10,1–12,2%). Очень низким уровнем изменчивости характеризуется толщина листа в варианте с бактериями (6,1%).

Дана оценка микробиогенной и сезонной изменчивости морфометрических показателей с использованием двухфакторного дисперсионного анализа. Выявлено, что влияние фактора А (погодные условия года вегетации, 2021–2022 гг.) значимо для длины и ширины листа, высоты цветка и растения, плотности соцветия и количества цветков в соцветии. Доля дисперсии параметров колеблется от 35,8 до 83,9%. Воздействие фактора В (разные варианты опыта, К, Bs и Bs+СК) и их совместное влияние (А×В) статистически значимы для диаметра цветка (табл. 3).

Сравнительная оценка влияния погодных условий года вегетации, разных вариантов опыта и их совместного воздействия при использовании двухфакторного дисперсионного анализа показывает, что для большинства изученных признаков *C. allariifolia* определяющим является значение вклада сезонной изменчивости. Наибольшая сила влияния этого фактора установлена для высоты растений, ширины листа, плотности соцветия и количества цветков в соцветии (доля дисперсии – от 61,4 до 83,9%); фактор разных вариантов опыта и суммарное действие обоих факторов (А×В) достоверно влияют только на диаметр цветка.

Таблица 3

**Результаты двухфакторного дисперсионного анализа морфометрических показателей *Campanula allariifolia***

Показатель	Год (А), %	Варианты (В), %	Взаимодействие (А×В), %
Высота цветка	35,8	12,4	1,1
Высота растений	62,9	2,8	2,9
Длина листа	39,3	3,1	0,4
Ширина листа	61,4	9,7	5,7
Количество цветков в соцветии	83,9	1,0	0,9
Диаметр цветка	4,5	54,5	22,5
Плотность соцветия	62,6	5,3	0,9

В результате оценки частных различий между изучаемыми вариантами опыта по параметру «Диаметр цветка» на основании теста Фишера выделены 2 однородные группы, между которыми есть статистически значимые различия: в 1 группу относится вариант опыта Bs+СК (2021 г.), во 2 группу – остальные варианты эксперимента (рис. 3). Статистическая значимость различий между отдельными вариантами опыта для остальных изучаемых признаков является несущественной (разность является незначимой).

На основании корреляционного анализа выявлено, что между диаметром и высотой цветка установлена прямая и очень тесная корреляционная зависимость ( $r = 0,57$ ), причем корреляция значима с вероятностью 95% ( $p < 0,05$ ). Коэффициент детерминации ( $R^2 = 0,3210$ ) показывает, что изменение диаметра цветка на 32,1% обусловлено влиянием высоты цветка (рис. 4).

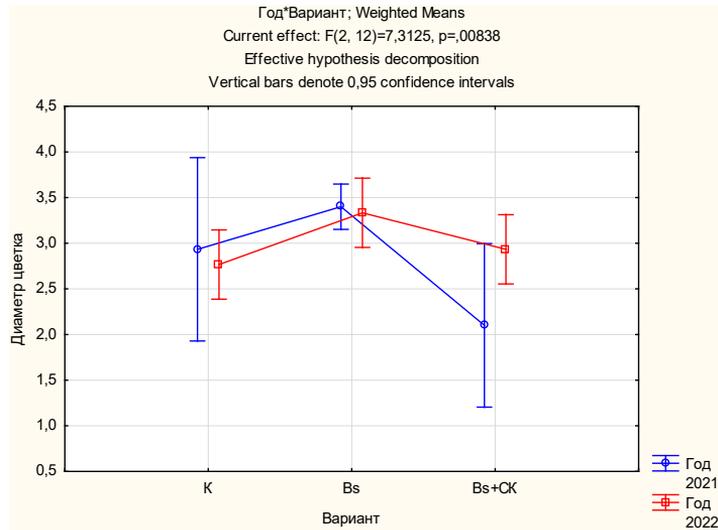


Рис. 3. График средних значений параметра «Диаметр цветка» *Campanula alliariifolia* с доверительными интервалами

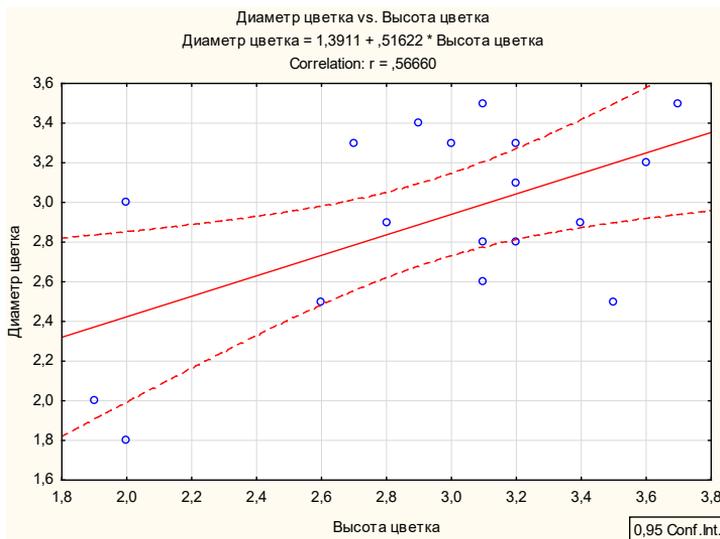
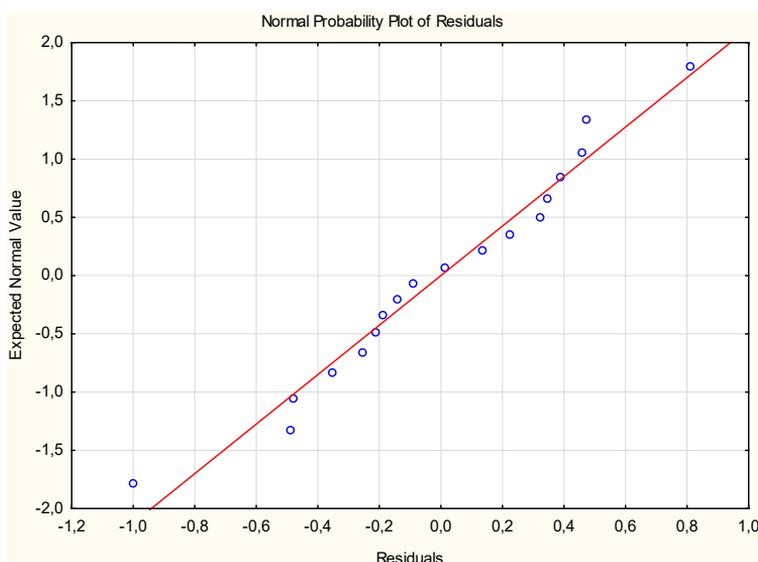


Рис. 4. Теоретическая линия линейной регрессии на корреляционном поле параметров диаметра и высоты цветка *Campanula alliariifolia*

Поскольку на вероятностном графике точки около прямой располагаются на незначительном расстоянии, можно предположить, что методы оценки коэффициентов корреляции и регрессии в целом верно отражают зависимость между диаметром и высотой цветка (рис. 5).

Для объективной количественной оценки декоративных качеств растения была определена площадь проективного покрытия цветкового пятна на куст колокольчика по известной методике (Ефимов С.В., 2014). Для этого подсчитали количество цветков на растении и измерили их диаметры. Используя формулу площади круга, рассчитали площадь покрытия проекции одного цветка, затем умножили на количество цветков на растении и получили площадь проективного покрытия цветкового пятна на куст, м<sup>2</sup>. В результате в числовом выражении можно наглядно увидеть и понять уровень декоративности растения в период цветения.

В целом за исследуемый период максимальную площадь проективного покрытия цветкового пятна на куст у *C. alliarifolia* наблюдали в 2022 г. в варианте опыта Bs+СК (0,096 м<sup>2</sup>), минимальную – в 2021 г. в этом же варианте (0,002 м<sup>2</sup>) (табл. 4).



**Рис. 5.** Нормальный вероятностный график высоты и диаметра цветка *Campanula alliarifolia*

Таблица 4

**Площадь, S, проективного покрытия цветкового пятна *Campanula alliarifolia***

Вариант опыта	Диаметр цветка, см	Количество одновременно цветущих цветков в соцветии, шт.	S проективного покрытия одного цветка, м <sup>2</sup>	S проективного покрытия цветкового пятна на куст, м <sup>2</sup>
К	2,9±0,1	78,2±27,8	0,0007	0,052
Bs	3,4±0,0	65,0±21,5	0,0009	0,059
Bs+СК	2,5±0,2	76,3±27,4	0,0005	0,037

**Примечание.** К – контрольный вариант опыта, Bs – вариант с бактериализацией, Bs+СК – вариант с бактериализацией с добавлением салициловой кислоты.

Таким образом, выявлено, что в 2021 г. в варианте опыта с бактериями (Bs), в 2022 г. – с бактериями и добавлением салициловой кислоты (Bs+СК) произошло положительное влияние на увеличение площади проективного покрытия цветочного пятна на куст колокольчика, что в свою очередь повышает декоративные качества растения.

Декоративные качества *C. alliariifolia* оценивали по 100-балльной шкале с определенными переводными коэффициентами в зависимости от значимости признака (табл. 5). При оценке наибольшее количество баллов (89 баллов) получили в варианте опыта с бактериализацией растений (табл. 6).

Таким образом, в результате проведенных исследований было показано, что при инокуляции *C. alliariifolia* бактериями наблюдается положительное влияние на следующие декоративные признаки: длина цветоноса, обилие цветения и плотность соцветия.

Таблица 5

**Оценка декоративных качеств *Campanula alliariifolia*, баллы**

Варианты	Цвет венчика	Диаметр венчика	Форма венчика	Прочность цветоноса	Плотность соцветия	Аромат цветка	Обилие цветения	Продолжительность цветения	Устойчивость растения к неблагоприятным условиям	Декоративность листьев	Оригинальность растения	Общее состояние растений	Итого
Максимальная оценка в баллах	20	10	5	5	10	5	10	10	10	5	5	5	100
К	20	6	5	4	8	2	7	9	10	4	4	5	84
Bs	20	6	5	5	10	2	9	8	10	4	4	5	89
Bs+СК	20	5	5	5	6	2	9	9	10	4	4	5	85

**Примечание.** К – контрольный вариант опыта, Bs – вариант с бактериализацией, Bs+СК – вариант с бактериализацией с добавлением салициловой кислоты.

**Выводы**

Проведенные исследования показали, что у *Campanula alliariifolia* инокуляция *Bacillus subtilis* положительно повлияла на такие признаки, как обилие цветения, плотность соцветия, площадь проективного покрытия цветочного пятна на куст, тем самым улучшая декоративные качества растения.

В результате двухфакторного дисперсионного анализа выявлено, что для большинства изученных параметров колокольчика значение вклада погодных условий года вегетации является определяющим. Максимальная сила влияния этого фактора установлена для высоты растения, ширины листа, плотности соцветия и количества цветков в соцветии (доля дисперсии – от 61,4 до 83,9%); фактор разных вариантов опыта и суммарное действие обоих факторов достоверно влияют только на диаметр цветка.

Работа выполнена в рамках государственного задания ЮУБСИ УФИЦ РАН «Биоразнообразие природных систем и растительные ресурсы России: оценка состояния и мониторинг динамики, проблемы сохранения, воспроизводства, увеличения и рационального использования» № 122033100041–9.

## Библиографический список

1. Фомина Т.И. Биоморфологические особенности *Campanula alliariifolia* Willd. (Campanulaceae) при интродукции в лесостепной зоне западной Сибири // Растительный мир Азиатской России. – 2009. – № 2 (4). – С. 7–10.
2. Красная книга Волгоградской области. Ч. 2. Растения и грибы. – Волгоград, 2006. – 236 с.
3. Красная книга Волгоградской области. Ч. 2. Растения и другие организмы. – Волгоград, 2017. – 268 с.
4. Ласточкина О.А., Масленникова Д.Р., Гаршина Д.С. Индукция засухоустойчивости растений *Triticum aestivum* L. (пшеницы) разных агроэкологических групп эндифитными бактериями *Bacillus subtilis* // Современные вопросы биохимии, генетики и биотехнологии. – 2021. – С. 123–128.
5. Реут А.А., Биглова А.Р., Аллаярова И.Н., Ласточкина О.В. Влияние световых режимов в комбинации с бактериями (*Bacillus subtilis* 10–4) на декоративность лилий // Вестник КрасГАУ. – 2023. – № 3 (192). – С. 19–26. DOI: 10.36718/1819-4036-2023-3-19-26.
6. Асадова Р.А.Г. Применение стимуляторов роста растений // Вестник Башкирского государственного педагогического университета им. М. Акмуллы. – 2023. – № 1 (69). – С. 37–44.
7. Якунина А.В., Сеницына Ю.В. Влияние салициловой и янтарной кислот разных концентраций на всхожесть и морфометрические показатели растений овса посевного *Avena sativa* L. и пшеницы твердой *Triticum durum* L. // Журнал Сибирского федерального университета. Серия «Биология». – 2023. – Т. 16, № 1. – С. 54–63.
8. Гулидова В.А., Зубкова Т.В., Дубровина О.А. Влияние фунгицидных протравителей на биометрические и декоративные качества гладиолуса (*Gladiolus* L.) на примере сорта Fire Cracker // Вестник АГАУ. – 2022. – № 11 (217). – С. 29–37.
9. Колупаев Ю.Е., Ястреб Т.О., Поляков А.К., Дмитриев А.П. Салициловая кислота и формирование адаптивных реакций растений на абиотические стрессоры: роль компонентов сигнальной сети // Вестник Томского государственного университета. Биология. – 2021. – № 55. – С. 135–165. DOI: 10.17223/19988591/55/8.
10. Клименко О.Е., Александрова Л.М., Клименко Н.И., Клименко Н.Н., Евтушенко А.П. Влияние микробных препаратов на биоморфологические показатели тюльпана (*Tulipa* L.) 'Anna Krasavitsa' и плодородие почвы в условиях степного Крыма // Биология растений и садоводство: теория, инновации. – 2021. – № 2 (159). – С. 17–28.
11. Аллаярова И.Н., Миронова Л.Н. Биологические особенности представителей рода *Campanula* L. при интродукции в Башкирском Предуралье // Вестник ИРГСХА. – 2011. – № 44–2. – С. 14–20.
12. Черятова Ю.С., Пашалиев З.Л., Разуваева Д.Г. К вопросу о сохранении биоразнообразия растений *in situ* // Биосферное хозяйство: теория и практика. – 2022. – № 11 (52). – С. 18–24.
13. Анищенко И.Е., Жигунов О.Ю. Биологические особенности некоторых представителей рода *Ocimum* (базилик) в Башкирском Предуралье // Известия ТСХА. – 2023. – № 1. – С. 20–26. DOI: 10.26897/0021-342X-2023-1-20-26.
14. World Weather. – [Электронный ресурс]. – URL: <https://world-weather.ru/>.
15. Lastochkina O., Pusenkova L., Yuldashev R., Babaev M., Garipova S., Blagova D., Khairullin R., Aliniaiefard S. Effects of *Bacillus subtilis* on some physiological and biochemical parameters of *Triticum aestivum* L. (wheat) under salinity // Plant physiology and biochemistry. – 2017. – Vol. 121. – Pp. 80–88. <http://dx.doi.org/10.1016/j.plaphy.2017.10.020>.
16. Lastochkina O., Aliniaiefard S., Garshina D., Garipova S., Pusenkova L., Allagulova C., Fedorova K., Baymiev A., Koryakov I., Sobhani M. Seed priming

with endophytic *Bacillus subtilis* strain-specifically improves growth of *Phaseolus vulgaris* plants under normal and salinity conditions and exerts anti-stress effect through induced lignin deposition in roots and decreased oxidative and osmotic damages // Journal of Plant Physiology. – 2021. – № 263 (153462). – Pp. 1–10. DOI: 10.1016/j.jplph.2021.153462.

17. Черемушкина В.А., Барсукова И.Н. Ритм сезонного развития и малый жизненный цикл *Prunella vulgaris* L. (Lamiaceae) в Хакасии // Журнал Сибирского федерального университета. Серия «Биология». – 2020. – Т. 13, № 1. – С. 94–108.

18. Ефимов С.В. Комплексное изучение и оценка морфологических признаков пиона (*Paeonia* L.) при интродукции // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2014. – Т. 27 (66), № 5. – С. 47–62.

19. Кашин А.С., Крицкая Т.А., Петрова Н.А., Шилова И.В. Методы изучения ценопопуляций цветковых растений: Учебно-методическое пособие для магистров биологического факультета. – Саратов, 2015. – 127 с.

## EFFECT OF BACTERIA AND SALICYLIC ACID ON THE ORNAMENTALNESS OF *CAMPANULA ALLIARIIFOLIA* IN THE BASHKIR CIS-URAL REGION

O.V. LASTOCHKINA<sup>1</sup>, A.A. REUT<sup>2</sup>, A.R. BIGLOVA<sup>2</sup>, I.N. ALLAYAROVA<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>Institute of Biochemistry and Genetics of Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences;

<sup>2</sup>South-Ural Botanical Garden-Institute of Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences)

*Campanula alliariifolia* Willd. is a promising ornamental crop for container gardening in human settlements. The species is listed in the Red Data Book of the Volgograd region. The aim of the work is to study the effect of *Bacillus subtilis* alone and in combination with salicylic acid on the decorative qualities of the *Campanula alliariifolia*. The experiment was carried out in culture based on the collection site of the South-Ural Botanical Garden-Institute in 2021–2022. The effect of growth regulators on the phenology, growth dynamics, some morphometric indicators, the level of individual variability and the evaluation of the decorative qualities of *C. alliariifolia* was studied. The analysis of growth dynamics showed that during the study period, the maximum increase per day was observed in plants inoculated with *B. subtilis*. The degree of individual variability of the biometric parameters ranged from 6.1 (leaf thickness with *B. subtilis*) to 87.9% (number of flowers in an inflorescence with the combination of *B. subtilis* with salicylic acid). A two-factor analysis of variance showed that the effect of factor A (seasonal variability) was significant for flower and plant height, leaf length and width, inflorescence density and number of flowers in an inflorescence. The proportion of variance of the parameters ranged from 35.8 to 83.9%. The effect of factor B (different experimental options) and A×B is statistically significant only for flower diameter. There is only an average correlation between the diameter and the height of the flower. Only the flower characteristics are strongly related to each other. The study showed that the optimal option for increasing the scores for ornamentality, flowering frequency and inflorescence density of *C. alliariifolia* is to inoculate the plants with *B. subtilis*.

**Keywords:** *Campanula alliariifolia* Willd., evaluation of ornamentality, salicylic acid, *Bacillus subtilis*, growth dynamics.

### References

1. Fomina T.I. Biomorphological peculiarities of *Campanula alliariifolia* Willd. (Campanulaceae) introduced in the forest-steppe zone of west Siberia. *Rastitel'nyj mir Aziatskoj Rossii*. 2009;2(4):7–10. (In Russ.)

2. *Red Data Book of the Volgograd region. Part 2. Plants and fungi.* Volgograd, Russia, 2006:236. (In Russ.)
3. *Red Data Book of the Volgograd region. Part 2. Plants and other organisms.* Volgograd, Russia, 2017:268. (In Russ.)
4. Lastochkina O.V., Maslennikova D.R., Garshina D.Y. Induction of drought tolerance in *Triticum aestivum* L. (wheat) plants of different agroecological groups by endophytic bacteria *Bacillus subtilis*. *III Vserossiyskaya nauchnaya konferentsiya s mezhdunarodnym uchastiyem "Sovremennye problemy biokhimii, genetiki i biotekhnologii"*, Ufa, September 21–23, 2021. Ufa, Russia: Bashkir State University, 2021:123–128. (In Russ.)
5. Reut A.A., Biglova A.R., Allayarova I.N., Lastochkina O.V. The influence of light regimes in combination with bacteria (*Bacillus subtilis* 10–4) on the *lilium* decorative qualities. *Bulletin of KSAU*. 2023;3(192):19–26. (In Russ.) <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2023-3-19-26>
6. Asadova R.A.G. Application of plant growth stimulants. *Vestnik Bashkirskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta im. M. Akmully*. 2023;1(69):37–44. (In Russ.)
7. Yakunina A.B., Sinitsina Yu.V. The effects of different concentration of salicylic and succinic acids on the germination and morphometric parameters of oat *Avena sativa* L. and wheat *Triticum durum* L. *Journal of Siberian Federal University. Biology*. 2023;16(1):54–63. (In Russ.)
8. Gulidova V.A., Zubkova T.V., Dubrovina O.A. Effect of fungicidal protectants on biometric and ornamental qualities of gladiolus (*Gladiolus* L.): the case of Fire Cracker variety. *Vestnik AGAU*. 2022;11(217):29–37. (In Russ.)
9. Kolupaev Yu.E., Yastreb T.O., Polyakov A.K., Dmitriyev A.P. Salicylic acid and the formation of adaptive plant responses to abiotic stressors: role of signaling network components. *Tomsk State University journal of Biology*. 2021;55:135–165. (In Russ.) <https://doi.org/10.17223/19988591/55/8>
10. Klimenko O.E., Alexandrova L.M., Klimenko N.I., Klimenko N.N., Yevtushenko A.P. Influence of microbial preparations on biomorphological indicators of tulip (*Tulipa* L.) ‘Anna Krasavitsa’ and soil fertility under steppe Crimea conditions. *Plant Biology and Horticulture: theory, innovation*. 2021;(159):17–28. (In Russ.)
11. Allayarova I.N., Mironova L.N. Biological features of the genus *Campanula* L. representatives by their introduction in the Bashkir Urals. *Vestnik IRGShA*. 2011;44–2:14–20. (In Russ.)
12. Cheryatova Yu.S., Pashaliev Z.L., Razuvaeva D.G. To the question of plant biodiversity conservation in situ. *Biosfernoe khozyaystvo: teoriya i praktika*. 2022;11(52):18–24. (In Russ.)
13. Anishchenko I.E., Zhigunov O.Yu. Biological features of some representatives of the *Ocimum* genus in the Bashkir Cis-Urals. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy (TAA)*. 2023;(1):20–26. (In Russ.) <https://doi.org/10.26897/0021-342X-2023-1-20-26>
14. World Weather. (In Russ.) [Electronic source] URL: <https://world-weather.ru/>
15. Lastochkina O., Pusenkova L., Yuldashev R., Babaev M. et al. Effects of *Bacillus subtilis* on some physiological and biochemical parameters of *Triticum aestivum* L. (wheat) under salinity. *Plant physiology and biochemistry*. 2017;121: 80–88. <http://dx.doi.org/10.1016/j.plaphy.2017.10.020>
16. Lastochkina O., Aliniaiefard S., Garshina D., Garipova S. et al. Seed priming with endophytic *Bacillus subtilis* strain-specifically improves growth of *Phaseolus vulgaris* plants under normal and salinity conditions and exerts anti-stress effect through induced lignin deposition in roots and decreased oxidative and osmotic damages. *Journal of Plant Physiology*. 2021;263(153462):1–10. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2021.153462>
17. Cheremushkina V.A., Barsukova I.N. Rhythm of seasonal development and minor life cycle of *Prunella vulgaris* L. (Lamiaceae) in Khakasia. *Journal of Siberian Federal University. Biology*. 2020;13(1):94–108. (In Russ.)

18. Efimov S.V. Complex studying and evaluation the morphological features of peony (*Paeonia l.*) During introduction process Comprehensive study and evaluation of the morphological features of the Peony (*Paeonia L.*) during introduction process. *Uchenye zapiski Tavricheskogo natsional'nogo universiteta im. V.I. Vernadskogo. Seriya "Biologiya, khimiya"*. 2014;27(66)5:47–62. (In Russ.)

19. Kashin A.S, Kritskaya T.A, Petrova N.A, Shilova I.V. *Methods for studying cenopopulations of flowering plants: teaching aid for masters of the Biology Faculty.* [Electronic source] Saratov, Russia, 2015:127. (In Russ.)

### Сведения об авторах

**Ласточкина Оксана Владимировна**, канд. биол. наук, старший научный сотрудник, заведующий лабораторией молекулярных механизмов устойчивости растений к стрессам Института биохимии и генетики Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук; 450054, Российская Федерация, г. Уфа, пр. Октября, 71; e-mail: oksanaibg@gmail.com; тел.: (347) 235–60–88

**Реут Антонина Анатольевна**, канд. биол. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории цветоводства и селекции Южно-Уральского ботанического сада-института Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук; 450080, Российская Федерация, г. Уфа, ул. Менделеева, 195/3; e-mail: cvetok.79@mail.ru; тел.: (347) 286–12–33

**Биглова Айгуль Радиковна**, инженер I категории лаборатории цветоводства и селекции Южно-Уральского ботанического сада-института Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук; 450080, Российская Федерация, г. Уфа, ул. Менделеева, 195/3; e-mail: ajgul.biglova@mail.ru; тел.: (347) 286–12–33

**Аллаярова Ирина Нагимовна**, канд. биол. наук, младший научный сотрудник лаборатории цветоводства и селекции Южно-Уральского ботанического сада-института Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук; 450080, Российская Федерация, г. Уфа, ул. Менделеева, 195/3; e-mail: AllayarovaIrina@yandex.ru; тел.: (347) 286–12–33

### Information about the authors

**Oksana V. Lastochkina**, CSC (Bio), Senior Research Associate at the Laboratory of Molecular Mechanisms of Plant Stress Resistance, Institute of Biochemistry and Genetics of Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences (71 Octyabrya Ave., Ufa, 450054, Russian Federation; phone: (347) 235–60–88; e-mail: oksanaibg@gmail.com)

**Antonina A. Reut**, CSc (Bio), Leading Research Associate at the Laboratory of Floriculture and Selection, South-Ural Botanical Garden-Institute of Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences (195/3 Mendeleeva St., Ufa, 450080, Russian Federation; phone: (347) 286–12–33; e-mail: cvetok.79@mail.ru)

**Aigul R. Biglova**, Engineer of the 1st category at the Laboratory of Floriculture and Selection, South-Ural Botanical Garden-Institute of Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences (195/3 Mendeleeva St., Ufa, 450080, Russian Federation; phone: (347) 286–12–33; e-mail: ajgul.biglova@mail.ru)

**Irina N. Allayarova**, CSc (Bio), Junior Research Associate at the Laboratory of Floriculture and Selection, South-Ural Botanical Garden-Institute of Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences (195/3 Mendeleeva St., Ufa, 450080, Russian Federation; phone: (347) 286–12–33; e-mail: AllayarovaIrina@yandex.ru)

## ВЛИЯНИЕ ОСМОТИЧЕСКОГО СТРЕССА НА ПРОРАСТАНИЕ СЕМЯН *HELIANTHUS ANNUUS* L.: САХАРОЗА КАК ОСМОТИЧЕСКИЙ РЕГУЛЯТОР

Д.Г. ФЁДОРОВА, Н.М. НАЗАРОВА, А.М. ГВОЗДИКОВА

(Оренбургский государственный университет)

*Оренбургская область относится к зоне рискованного земледелия, для которого типичны засухи, чередующиеся с суховеями. Helianthus annuus L., сорт 'Посейдон 625', – важная продовольственная культура, возделываемая в регионе, поэтому важно выявить влияние аридизации климата на самых ранних этапах ее онтогенеза. Целью исследований являлось изучение влияния различных концентраций осмотического вещества (сахарозы) на прорастание и дальнейший рост проростков семян «Helianthus annuus L., сорт 'Посейдон 625'». Лабораторное проращивание проводили в условиях вегетативной камеры по ГОСТ 12038–84. Для оценки прорастания семян в условиях физиологической засухи использовали методику Н.Н. Кожушко, рекомендованную ФИЦ ВИР. Заложено 6 вариантов опытов по проращиванию семян в растворах сахарозы с концентрацией 1,4% (P = 1 атм); 4,4% (P = 3 атм); 7,4% (P = 5 атм); 10,5% (P = 8 атм); 16,6% (P = 12 атм) и дистиллированной водой в качестве контрольного. В результате исследований выявлено, что действие осмотического давления, равного 1 атм, не оказывает значимого влияния на всхожесть, однако оказывает раннее стрессирующее воздействие на семена, снижая их энергию прорастания даже в условиях минимального дефицита почвенной влаги. Посредством дисперсионного анализа установлено достоверное снижение ( $p < 0,05$ ) как всхожести, так и ростовых процессов у проростков «Helianthus annuus L., сорт 'Посейдон 625'», при увеличении концентрации раствора-осмотика по вариантам опыта. Таким образом, по реакции на дефицит увлажнения на ранних этапах онтогенеза исследуемый сорт можно отнести к группе среднезасухоустойчивых.*

**Ключевые слова:** подсолнечник, осмотический стресс, физиологическая засуха, всхожесть, проростки.

### Введение

Засуха – абиотический стрессовый фактор, ограничивающий урожайность всех сельскохозяйственных культур. *Helianthus annuus* L. (подсолнечник) обладает умеренной засухоустойчивостью. Однако стрессирующее влияние засухи способно оказать выраженное негативное влияние растение на всех этапах его развития. В настоящее время зона выращивания данной культуры все больше расширяется и подсолнечник активно районирован в засушливых регионах, в первую очередь – за счет достижений современной селекции и гибридизации [1, 2].

Несмотря на то, урожайность сельскохозяйственных культур исторически имеет тенденцию роста, устойчивость растений к засухе стала серьезной проблемой в контексте глобального изменения климата. В настоящее время поиск компромисса между повышением урожайности сельскохозяйственных культур и обеспечением их устойчивости к засухе, как способности противостоять условиям низкой влагообеспеченности, является обычным явлением [3, 4].

Засуха провоцирует осмотический стресс у организмов, который вызывает обезвоживание растительных клеток [5]. В ходе онтогенетического цикла сельскохозяйственных растений каждая стадия развития, от прорастания семян до формирования

урожая, чувствительна к обезвоживанию. Особенно важным является достаточное увлажнение в фазу прорастания семян, так как оно имеет решающее значение для формирования и устойчивости всходов, а также для развития растений и их продуктивности в агросистемах в целом [6–8].

Метод моделирования недостатка почвенной влаги, основанный на лабораторном проращивании семян в растворе сахарозы, имеет большую эффективность по сравнению с полевым, так как в полевых условиях невозможно создать постоянные условия увлажнения, температурный режим, исключить сопряженное действие солей почвенного раствора. Подобные исследования проводились на важнейших продовольственных культурах: ячмень, овес и др. [9, 10]. Однако данные о влиянии недостатка почвенного увлажнения на ранних этапах онтогенеза подсолнечника в литературе отсутствуют.

Оренбуржье относится к зоне дефицитного увлажнения. Количество осадков на протяжении всего вегетационного периода является недостаточным и распределяется крайне неравномерно. Наличие суховеев также отягчает гидрологический режим региона. Поэтому изучение степени засухоустойчивости культур, имеющих важное продовольственное назначение, таких, как подсолнечник, на территории региона становится вполне целесообразным.

Для определения степени устойчивости к недостатку почвенной влаги для зерновых культур используют какую-либо одну концентрацию раствора-осмотика и в соответствии с полученными результатами приходят к выводу о степени засухоустойчивости исследуемого объекта. Нами предлагается проведение ряда экспериментов с несколькими концентрациями раствора сахарозы, так как сорт может обладать устойчивостью к разной степени дефицита увлажнения.

Данные исследования являются начальным этапом в комплексной исследовательской работе по оценке степени влияния аридизации климата на урожайность подсолнечника.

**Цель исследований:** изучение влияния различных концентраций осмотического вещества (сахарозы) на прорастание и дальнейший рост проростков «*Helianthus annuus L.*, сорт 'Посейдон 625'».

### Материал и методы исследований

Объектом исследований являются семена «*Helianthus annuus L.*, сорт 'Посейдон 625'». Проращивание семян проведено на базе лаборатории экспериментальной ботаники ботанического сада ОГУ по ГОСТу 12038–84 [11].

Условия опыта: вегетативная камера ЛУРО ВРС500Н, отсутствие освещения. Температурный режим – постоянный (+23°C), влажность – постоянная (50%), аэрация воздуха – каждые 10 с.

Параметры опыта: чашки Петри, 3×30 шт. семян. Ложе для проращивания – фильтровальная бумага. Первичное увлажнение – 6 мл, все последующие ежедневно – по 2 мл.

Моделирование условий физиологической засухи с использованием раствора сахарозы различных концентраций проведено по методике, рекомендованной ВИР и применяемой рядом авторов [9, 10, 12]. Степень устойчивости семян в условиях осмотического стресса интерпретирована по Н.Н. Кожушко [13].

В чашки Петри было заложено 6 вариантов опыта: семена подсолнечника в растворах сахарозы с концентрацией 1,4; 4,4; 7,4; 10,5 и 16,6%. В контрольном варианте опыта проращивание осуществлено в растворе дистиллированной воды. Осмотическое давление раствора каждой концентрации рассчитывали по формуле:

$$P_{\text{осм}} = i \times C_{\text{М}} \times R \times T \text{ (кПа)},$$

где  $i$  – постоянная Вант-Гоффа;  $C_{\text{М}}$  – молярная концентрация определяемого раствора, моль/л;  $R$  – универсальная газовая постоянная (8,31 Дж/моль);  $T$  – температура, °К.

Поскольку сахароза не является электролитом, постоянная Вант-Гоффа принята за 1. Исследуемые концентрации раствора сахарозы 1,4; 4,4; 7,4; 10,5 и 16,6% соответствуют осмотическому давлению, равному 1, 3, 5, 8 и 12 атмосфер (атм) соответственно.

На третьи сутки эксперимента определяли энергию прорастания, на пятые – всхожесть семян в контроле. Всхожесть в растворах осмотического вещества определена в процентном соотношении количества проросших семян в растворе сахарозы к количеству семян, проросших в дистиллированной воде. Проросшими считали все семена, у которых зародышевый корешок вышел за пределы семенной кожуры.

Исследования проводили в 2 этапа:

1. Определение энергии прорастания и всхожести семян под действием различного уровня осмотического стресса.

2. Оценка степени депрессии ростовых процессов при повышении осмотического давления раствора для проращивания.

Статистическая обработка данных включает в себя базовый набор параметров математической статистики (среднее с ошибкой, коэффициент вариации), а также факторный дисперсионный и уточняющий статистические ассоциации апостериорные анализы, выполненные с использованием программного обеспечения Statistica 10.0.

### Результаты и их обсуждение

В результате проведенного эксперимента по проращиванию семян «*Helianthus annuus L.*, сорт 'Посейдон 625'» в условиях осмотического стресса установлено, что энергия прорастания семян и их всхожесть значительно изменяются в зависимости от концентрации раствора сахарозы, используемого при проращивании.

Максимум энергии прорастания отмечен в контрольном варианте опыта и составляет 80% при среднем уровне изменчивости по пробам ( $C_v = 25\%$ ). Близко к значению контроля регистрируется энергия прорастания семян при проращивании в 1,4%-ном растворе сахарозы. Наибольший размах изменчивости, как и степень стандартного отклонения по изучаемому параметру, отмечен в 10,5%-ном растворе сахарозы. Средний инвариантный показатель энергии прорастания, немногим более 50%, отмечен в варианте опыта с использованием 7,4%-ного раствора сахарозы. При увеличении осмотического давления до 12 атм, эквивалентных 16,6%-ному раствору сахарозы, прорастание семян спустя трое суток от начала проращивания не отмечается. Семена при данном уровне осмотического стресса теряют способность к нормальному развитию проростков (табл. 1).

В каждом варианте опыта всхожесть семян оказалась выше энергии их прорастания. Максимум проросших семян обнаружен не только в контроле, но и в 1,4%-ном растворе сахарозы (93%). В отличие от энергии прорастания в контрольном варианте опыта всхожесть является стабильной ( $C_v = 8\%$ ) по пробам. Несмотря на первичную депрессию энергии прорастания у семян, проращиваемых в 1,4%-ном растворе сахарозы, также сохраняется их высокая всхожесть.

Всхожесть семян, равная 64%, регистрируется в 4,4- и 7,4%-ном растворах сахарозы, причем в последнем варианте опыта ее показатель является абсолютно стабильным по пробам ( $C_v = 0$ ).

Низкий показатель всхожести, равный 29%, с самым высоким уровнем изменчивости отмечен при проращивании семян в 10,5%-ном растворе сахарозы. Ввиду действия стресса от физиологической засухи в 16,6%-ном растворе сахарозы отмечается минимальное инвариантное значение всхожести, равное 7%.

Установлено, что энергия прорастания и всхожесть семян в контроле и в различных растворах сахарозы имеют значимые различия ( $p \ll 0,05$ ). Энергия прорастания семян в контроле и в растворе с осмотическим давлением в 1 атм достоверно выше, чем в растворах 8 и 12 атм. Отмечено также, что энергия прорастания семян в растворах 1 и 3 атм является значимо выше, чем в растворе, создающем осмотическое давление 12 атм (табл. 2).

На всхожесть недостаточный запас почвенной влаги оказывает большее влияние, чем на энергию прорастания семян. Всхожесть семян в контроле имеет значимые отличия от вариантов опытов с растворами 3, 5, 8 и 12 атм. Разница прорастания в растворе с осмотическим давлением 1 атм является несущественной. Однако отмечено, что всхожесть семян в растворах 1, 3 и 5 атм достоверно выше, чем в растворах 8 и 12 атм (табл. 3).

Таблица 1

**Всхожесть и энергия прорастания семян подсолнечника  
в различных концентрациях осмотического вещества**

Раствор сахарозы		Лабораторная всхожесть					
		энергия прорастания, %			всхожесть, %		
%	атм.	$x^*$	$Sx^{**}$	$C_v, \%$	$x$	$Sx$	$C_v, \%$
1,4	1	73	2,1	18	93	2,1	16
4,4	3	60	2,5	29	64	2,5	29
7,4	5	56	0,6	7	64	0	0
10,5	8	20	2,6	88	29	1,5	35
16,6	12	-	-	-	7	1,0	0
Контроль (дистил. вода)		80	3,1	25	93	1,2	8

\*Среднее значение признака.

\*\*Стандартное отклонение.

Таблица 2

**Определение степени влияния различного осмотического давления  
на энергию прорастания семян подсолнечника (HSD тест Тьюки)**

Давление, атм.	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
Контроль {1}	-					
1 {2}	0,99	-				
3 {3}	0,35	0,54	-			
5 {4}	0,35	0,54	1,00	-		
8 {5}	0,002	0,003	0,06	0,06	-	
12 {6}	0,0003	0,0004	0,003	0,003	0,54	-

**Примечание.** Жирным шрифтом выделены статистически значимые величины.

На втором этапе исследований проведено наблюдение за динамикой роста проростков. В растворе с концентрацией сахарозы 16,6% единичные проростки появились только в последний день опыта, поэтому считаем возможным эти данные из анализа исключить и констатировать факт того, что осмотический стресс при действии давления 12 атм значительно угнетает физиологическую активность семян, и это приводит к невозможности полноценного осуществления ими ростовых процессов.

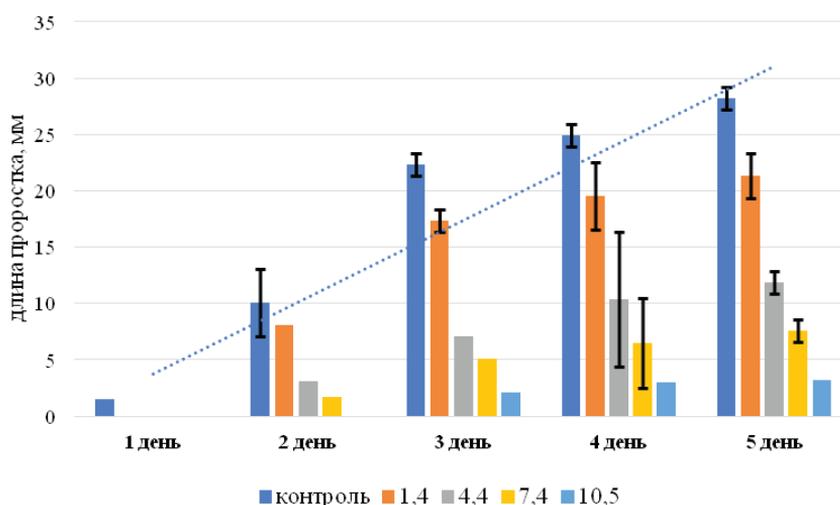
По истечении первых суток опыта проросшие семена регистрировали только в контроле. Средняя длина корешка –  $1,48 \pm 0,05$  мм. Затем отмечен интенсивный их прирост ежесуточно. Величина стандартного отклонения прироста в контроле была максимальной по истечении вторых суток эксперимента, в последующие дни рост стабилизировался (рис. 1).

Таблица 3

**Определение степени влияния различного осмотического давления на всхожесть семян подсолнечника (HSD тест Тьюки)**

Давление, атм.	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
Контроль {1}	-					
1 {2}	0,8	-				
3 {3}	0,008*	0,07	-			
5 {4}	0,013	0,11	0,99	-		
8 {5}	0,0002	0,0004	0,047	0,0304	-	
12 {6}	0,0002	0,0002	0,0006	0,0004	0,111	-

**Примечание.** Жирным шрифтом выделены статистически значимые величины.



**Рис. 1.** Динамика изменения длины проростков (по вертикали, мм) по дням проращивания (по горизонтали) при различном уровне осмотического стресса. Расчеты авторов по вариантам опытов: контроль (дистиллированная вода); 1,4%-ный раствор сахарозы (P = 1 атм); 4,4%-ный раствор сахарозы (P = 3 атм); 7,4%-ный раствор сахарозы (P = 5 атм); 10,5%-ный раствор сахарозы (P = 8 атм)

Прирост по истечении вторых суток эксперимента был отмечен в концентрации раствора сахарозы 1,4% и составил  $8,06 \pm 2,57$  мм. Неравномерность прироста нарастала и достигла своего максимума к четвертому дню эксперимента ( $C_v = 20\%$ ). К моменту завершения эксперимента была отмечена тенденция стабилизации ростовых процессов.

В концентрации раствора сахарозы 4,4 и 7,4% прирост корешка в длину был значительно ниже, чем в вышеописанных вариантах опыта, и составил к исходу вторых суток  $3,13 \pm 1,1$  и  $1,66 \pm 0,72$  мм соответственно. У ростовых процессов отмечена та же динамика, что и в концентрации 1,4%, однако с большей вариацией степени прироста, достигающей максимума ( $C_v = 38\%$ ) к четвертым суткам эксперимента.

В концентрации 10,5% первые проростки обнаружены только на третьи сутки эксперимента. По истечении пятых суток длина проростков в среднем составила  $3,17 \pm 1,55$  мм.

Поскольку третьи и пятые сутки эксперимента являются контрольными, в эти периоды произведена оценка влияния условий дефицита увлажнения на интенсивность роста проростков. По вариантам опыта установлено достоверное его снижение ( $p \ll 0,05$ ) при увеличении осмотического давления. Оценка депрессии роста проростков показала, что на третьи сутки эксперимента темпы роста значительно снижались во всех вариантах опыта по сравнению с контролем и концентрацией раствора сахарозы 1,4%, эквивалентному осмотическому давлению в 1 атм (табл. 4).

На пятые сутки эксперимента длина проростков в условиях осмотического давления, равного 1 атм, практически достигла значений контрольного. Однако тенденция депрессии прироста по сравнению с вариантами опыта с растворами сахарозы с осмотическим давлением 3, 5, 8 и 12 атм продолжила сохраняться (табл. 5).

Таблица 4

**Определение степени влияния различного осмотического давления на рост проростков (третьи сутки эксперимента)**

Давление, атм.	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
Контроль {1}	-					
1 {2}	0,023	-				
3 {3}	0,0002	0,025	-			
5 {4}	0,0002	0,004	0,89	-		
8 {5}	0,0002	0,0008	0,28	0,82	-	
12 {6}	0,0002	0,0003	0,045	0,26	0,87	-

**Примечание.** Жирным шрифтом выделены статистически значимые величины.

**Определение степени влияния различного осмотического давления на рост проростков (пятые сутки эксперимента)**

Давление, атм.	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
Контроль {1}	-					
1 {2}	0,73	-				
3 {3}	0,0007	0,005	-			
5 {4}	0,0006	0,004	0,99	-		
8 {5}	0,0002	0,0005	0,56	0,63	-	
12 {6}	0,0002	0,0002	0,17	0,21	0,94	-

**Примечание.** Жирным шрифтом выделены статистически значимые величины.

### Выводы

Максимум энергии прорастания семян «*Helianthus annuus* L., сорт ‘Посейдон 625’» отмечен в контрольном варианте опыта и составляет 80% всхожести, определяющейся на уровне 93%, – в контроле и в варианте опыта с концентрацией сахарозы 1,4%. Установлено, что энергия прорастания семян в контроле и в растворе с осмотическим давлением 1 атм достоверно выше ( $p << 0,05$ ), чем в растворах 8 и 12 атм. Всхожесть семян в контроле и растворе с осмотическим давлением в 1 атм является несущественной. Однако осмотическое давление в 1 атм оказывает раннее стрессорное действие на семена, снижая их энергию прорастания.

При проращивании в растворе сахарозы 10,5%, создающей осмотическое давление 8 атм, получен наиболее широкий размах вариации по признакам «Энергия прорастания семян» ( $C_v = 88\%$ ) и «Всхожесть» ( $C_v = 35\%$ ). Данная концентрация раствора-осмотика обеспечивает лучшую дифференциацию семян «*Helianthus annuus* L., сорт ‘Посейдон 625’» по степени их прорастания в условиях дефицита увлажнения.

Установлено, что незначительное влияние на рост проростков оказывает раствор сахарозы концентрацией 1,4%. При увеличении осмотического стресса энергия прорастания, всхожесть и интенсивность роста проростков достоверно снижаются ( $p << 0,05$ ) и практически полностью ингибируются в варианте опыта с раствором сахарозы 16,6% (12 атм).

Таким образом, исходя из показателей всхожести семян в условиях осмотического стресса установлено, что «*Helianthus annuus* L., сорт ‘Посейдон 625’» относится к группе среднезасухоустойчивых.

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23–76–10060, <https://rscf.ru/project/23-76-10060/>*

## Библиографический список

1. Wu Y., Wang Y., Shi H., Hu H., Yi L., Hou J. Time-course transcriptome and WGCNA analysis revealed the drought response mechanism of two sunflower inbred lines // *PLoS One*. – 2022. – № 17 (4). DOI: 10.1371/journal.pone.0265447.
2. Ghaffari M., Gholizadeh A., Rauf S., Shariati F. Drought-stress induced changes of fatty acid composition affecting sunflower grain yield and oil quality // *Food Sci Nutr*. – 2023. – № 11 (12). – Pp. 7718–7731. DOI: 10.1002/fsn3.3690.
3. Gao H., Cui J., Liu S., Wang S., Lian Y., Bai Y., Zhu T., Wu H., Wang Y., Yang S., Li X., Zhuang J., Chen L., Gong Z., Qin F. Natural variations of ZmSRO1d modulate the trade-off between drought resistance and yield by affecting ZmRBOHC-mediated stomatal ROS production in maize // *Mol Plant*. – 2022. – № 15 (10). – Pp. 1558–1574. DOI: 10.1016/j.molp.2022.08.009.
4. Парфенова Е.С., Шамова М.Г., Набатова Н.А., Псарева Е.А. Оценка относительной засухоустойчивости сортов озимой ржи способом проращивания на растворе сахарозы // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. – 2018. – № 11 (2). – С. 347–351. DOI: 10.17513/mjpf.12503.
5. Nakashima K., Yamaguchi-Shinozaki K. ABA signaling in stress-response and seed development // *Plant Cell Rep*. – 2013. – № 32 (7). – Pp. 959–70. DOI: 10.1007/s00299-013-1418-1.
6. Baudouin E., Puyaubert J., Bailly C. Physiological and Environmental Regulation of Seed Germination: From Signaling Events to Molecular Responses // *Int J Mol Sci*. – 2022. – № 23 (9). – P. 4839. DOI: 10.3390/ijms23094839.
7. Zhang Y., Su J., Cheng D., Wang R., Mei Y., Hu H., Shen W., Zhang Y. Nitric oxide contributes to methane-induced osmotic stress tolerance in mung bean // *BMC Plant Biol*. – 2018. – № 18 (1). – P. 207. DOI: 10.1186/s12870-018-1426-y.
8. Лисицын Е.М. Эдафическая устойчивость растений и методы ее оценки // *Методы и технологии в селекции растений: Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием*. – 2014. – С. 52–59.
9. Любимова А.В., Мамаева В.С., Меницкова А.А. Генетическая засухоустойчивость современных сортов овса посевного как ответ глобальному изменению климата // *Аграрный вестник Урала*. – 2022. – № 6 (221). – С. 49–59. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-221-06-49-59.
10. Газе В.Л., Лобунская И.А., Костылев П.И., Филиппов Е.Г. Оценка засухоустойчивости образцов ярового ячменя в начальный период развития на растворе осмотиков // *Зерновое хозяйство России*. – 2022. – № (4). – С. 34–38. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-82-4-34-38.
11. ГОСТ 12038–84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести: дата введения 1986–07–01. – М.: Стандартинформ, 2011. – 11 с.
12. Дроздов С.Н., Удовенко Г.В. Диагностика устойчивости растений к стрессовым воздействиям: Методическое руководство. – Л.: ВИР, 1988. – 228 с.
13. Кожушко Н.Н. Оценка засухоустойчивости полевых культур // *Диагностика устойчивости растений к стрессовым воздействиям: метод. руководство* / Под ред. Г.В. Удовенко. – Л.: ВИР, 1988. – С. 10–24.

# EFFECT OF OSMOTIC STRESS ON THE GERMINATION OF *HELIANTHUS ANNUUS* L. SEEDS: SUCROSE AS AN OSMOTIC REGULATOR

D.G. FEDOROVA, N.M. NAZAROVA, A.M. GVOZDIKOVA

(Orenburg State University)

Orenburg region belongs to the zone of risky agriculture, which is characterized by droughts alternating with dry and hot winds. *Helianthus annuus* L., variety 'Poseidon 625' is an important food crop cultivated in the region, therefore it is important to identify the influence of climatic drought already at the earliest stages of its ontogenesis. The aim of this study is to investigate the effect of different concentrations of osmotic substance (sucrose) on the germination and further growth of seedlings of *H. annuus* 'Poseidon 625'. The laboratory germination was carried out in a vegetative chamber according to GOST 12038–84. The method of N.N. Kozhushko recommended by FRC VIR was used for evaluation of seed germination in physiological drought conditions. There are six variants of experiments on germination of seeds in sucrose solutions with concentrations of 1.4% ( $P = 1$  atm), 4.4% ( $P = 3$  atm), 7.4% ( $P = 5$  atm), 10.5% ( $P = 8$  atm), and 16.6% ( $P = 12$  atm) and distilled water as a control. The study showed that the effect of osmotic pressure equal to 1 atm has no significant effect on germination, but has an early stress effect on seeds, reducing their germination energy even in conditions of minimal soil moisture deficiency. By means of a dispersion analysis, a significant decrease ( $p \ll 0.05$ ) in both germination and growth processes of seedlings of *H. annuus* 'Poseidon 625' was found with increasing concentration of the osmotic solution by variants of the experiment. Thus, according to the reaction to the lack of moisture in the early stages of ontogenesis the studied variety can be assigned to the group of medium drought resistant.

**Keywords:** sunflower; osmotic stress, physiological drought, germination, seedlings.

## References

1. Wu Y., Wang Y., Shi H., Hu H. et al. Time-course transcriptome and WGCNA analysis revealed the drought response mechanism of two sunflower inbred lines. *PLoS One*. 2022;17(4). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0265447>
2. Ghaffari M., Gholizadeh A., Rauf S., Shariati F. Drought-stress induced changes of fatty acid composition affecting sunflower grain yield and oil quality. *Food Sci Nutr*. 2023;11(12):7718–7731. <https://doi.org/10.1002/fsn3.3690>
3. Gao H., Cui J., Liu S., Wang S. et al. Natural variations of ZmSRO1d modulate the trade-off between drought resistance and yield by affecting ZmRBOHC-mediated stomatal ROS production in maize. *Mol Plant*. 2022;15(10):1558–1574. <https://doi.org/10.1016/j.molp.2022.08.009>
4. Parfenova E.S., Shamova M.G., Nabatova N.A., Psareva E.A. Assessment of the relative drought resistance of varieties of winter rye, method of germination on sucrose. *Mezhdunarodniy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy*. 2018;11(2):347–351. (In Russ.) <https://doi.org/10.17513/mjpf.12503>
5. Nakashima K., Yamaguchi-Shinozaki K. ABA signaling in stress-response and seed development. *Plant Cell Rep*. 2013;32(7):959–70. <https://doi.org/10.1007/s00299-013-1418-1>
6. Baudouin E., Puyaubert J., Bailly C. Physiological and Environmental Regulation of Seed Germination: From Signaling Events to Molecular Responses. *Int J Mol Sci*. 2022;23(9):4839. <https://doi.org/10.3390/ijms23094839>

7. Zhang Y., Su J., Cheng D., Wang R. et al. Nitric oxide contributes to methane-induced osmotic stress tolerance in mung bean. *BMC Plant Biol.* 2018;18(1):207. <https://doi.org/10.1186/s12870-018-1426-y>

8. Lisitsyn E.M. Edaphic resistance of plants and methods of its assessment. *Vserossiyskaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya s mezhdunarodnym uchastiyem "Metody i tekhnologii v seleksii rasteniy vsereiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiyem"*, Kirov, April 9–10, 2014. Kirov, Russia: NIISH, 2014:52–59. (In Russ.)

9. Lyubimova A.V., Mamaeva V.S., Menshikova A.A. Genetic drought resistance of modern oat varieties as a response to global climate change. *Agrarian Bulletin of the Urals.* 2022;6(221):49–59. (In Russ.) <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2022-221-06-49-59>

10. Gaze V.L., Lobunskaya I.A., Kostylev P.I., Filippov E.G. Estimation of drought tolerance of spring barley samples in their initial period of development on an osmotic solution. *Grain Economy of Russia.* 2022;4:34–38. (In Russ.) <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2022-82-4-34-38>

11. GOST 12038–84. *Agricultural seeds. Methods for determination of germination.* Effective date: January 07, 1986. Moscow, Russia: Standartinform, 2011:11. (In Russ.)

12. Drozdov S.N., Udovenko G.V. *Diagnostics of plant resistance to stress: methodical manual.* Leningrad, USSR: VIR, 1988:228. (In Russ.)

13. Kozhushko N.N. Assessment of Drought Resistance of Field Crops. In: *Udovenko G.V. (Ed.). Diagnostics of Plant Resistance to Stress. Methodological Guidance.* Leningrad: VIR, 1988. P. 10–24. (In Russ.)

### Сведения об авторах

**Федорова Дарья Геннадьевна**, канд. биол. наук, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет»; 460018, Российская Федерация, г. Оренбург, пр-кт Победы, 13; e-mail: [daryaorlova24@rambler.ru](mailto:daryaorlova24@rambler.ru); тел.: (961) 901–84–77

**Назарова Наталья Михайловна**, канд. биол. наук, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет»; 460018, Российская Федерация, г. Оренбург, пр-кт Победы, 13; e-mail: [Nazarova-1989@yandex.ru](mailto:Nazarova-1989@yandex.ru); тел.: (922) 897–58–85

**Гвоздикова Анастасия Михайловна**, канд. биол. наук, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет»; 460018, Российская Федерация, г. Оренбург, пр-кт Победы, 13; e-mail: [anastasiaporv@mail.ru](mailto:anastasiaporv@mail.ru); тел.: (982) 208–42–20

### Information about the authors

**Darya G. Fedorova**, CSc (Bio), Orenburg State University (13 Pobedy Ave., Orenburg, 460018, Russian Federation; phone: (961) 901–84–77; e-mail: [daryaorlova24@rambler.ru](mailto:daryaorlova24@rambler.ru))

**Natalia M. Nazarova**, CSc (Bio), Orenburg State University (13 Pobedy Ave., Orenburg, 460018, Russian Federation; phone: (922) 897–58–85; e-mail: [Nazarova-1989@yandex.ru](mailto:Nazarova-1989@yandex.ru))

**Anastasia M. Gvozdikova**, CSc (Bio), Orenburg State University (13 Pobedy Ave., Orenburg, 460018, Russian Federation; phone: (982) 208–42–20; e-mail: [anastasiaporv@mail.ru](mailto:anastasiaporv@mail.ru))

## ОБОГАЩЕНИЕ МОЛОЧНОГО ПРОДУКТА ПРО- И ПРЕБИОТИКАМИ

Е.В. ЖУКОВА, П.А. КОРЕНЕВСКАЯ, Е.Д. САВИНА, О.Н. ПАСТУХ

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

*Состав микрофлоры желудочно-кишечного тракта (ЖКТ) человека может постоянно меняться. Он зависит от условий, в которых был рожден человек, возраста, питания, образа жизни, региона проживания, различных заболеваний и приема лекарственных препаратов. Очень важно, чтобы в ЖКТ поддерживался правильный баланс (соотношение) микроорганизмов. Новизна исследований заключается в создании симбиотических ферментированных молочных продуктов, включающих в себя пробиотические культуры микроорганизмов и пребиотики, что является актуальным и перспективным направлением развития молочной промышленности, позволяющим обогатить рацион потребителей и ассортимент предприятий функциональными и полезными продуктами. Пробиотические микроорганизмы, внесенные в молоко в виде чистых культур, развивались недостаточно активно и не достигали высоких титров, необходимых для создания лечебно-профилактических продуктов. Внесение пребиотиков в количестве 3% в молоко перед пастеризацией позволило при производстве снизить риск развития посторонней микрофлоры и улучшить сгусток готового продукта. Использование комбинации чистых штаммов пробиотических культур в более высокой концентрации (5%) и культур микроорганизмов, способных при сквашивании образовывать плотный сгусток молока, позволит получить продукт с хорошими органолептическими показателями, стабильной консистенцией и высоким титром пробиотических микроорганизмов (от  $1,0 \times 10^9$  КОЕ). Уровень рентабельности производства таких продуктов составит в среднем 35–40%.*

**Ключевые слова:** ферментированные (кисломолочные) продукты, микроорганизмы, пребиотики, пробиотики, качество готового продукта, коли-титр.

### Введение

Для здоровья и поддержания активной жизнедеятельности организма человека важным является сбалансированное поступление всех необходимых пищевых ингредиентов, которое должно обеспечиваться питанием высокого качества. К сожалению, понятие «питание» сегодня не всегда можно рассматривать как фактор регуляции обмена веществ [1]. Ставится вопрос о создании таких продуктов, которые могли бы обеспечить организм необходимыми питательными веществами. Среди таких продуктов можно назвать ферментированные (кисломолочные) продукты, обогащенные пробиотическими культурами с пребиотиками [2]. Пробиотические продукты могут помочь здоровью и благополучию человека в тех случаях, когда его микрофлора желудочно-кишечного тракта (ЖКТ) находится «не в лучшей форме».

Пробиотики – это полезные микроорганизмы, которые приносят пользу здоровью человека, а пребиотики – вещества, способные расщепляться под действием ферментов микроорганизмов, населяющих ЖКТ [3–5]. Таким образом, пребиотики выступают в роли питания для микроорганизмов, то есть пробиотиков, населяющих ЖКТ человека.

Они могут помочь быстро восстановиться микробиоте и в дальнейшем поддерживать ее в правильном соотношении. Пребиотики положительно влияют на слизистую кишечника, усиливают перистальтику и выступают в роли пищевых волокон, очищающих наш кишечник от токсинов [6, 7].

Молоко выступает отличной питательной средой для развития полезных микроорганизмов, так как в нем есть все необходимое. Микроорганизмы растут и размножаются в молоке, перерабатывая молочный сахар, продуцируя молочную кислоту и другие соединения [2, 8]. Если молоко с пробиотической культурой обогатить пребиотиком, то получится симбиотик. Это является наиболее выгодным сочетанием, при употреблении которого можно получить многостороннюю пользу [9–12].

Микроорганизмы, продукты их синтеза, а также внесенный пробиотик благоприятно повлияют на ЖКТ, слизистую кишечника, соотношение микроорганизмов, и как следствие – на иммунитет, нервную систему и обмен веществ в организме человека [13–15].

**Цель исследований:** разработка рецептуры и оценка качества ферментированного молочного продукта путем подбора оптимальных компонентов для создания кисломолочного напитка с высокой концентрацией пробиотической культуры, обогащенного пребиотиком.

### Материал и методы исследований

Объектами исследований являются молоко сырое коровье, штаммы пробиотических культур в чистом виде: *Lactobacillus Reuteri*, *Lactobacillus Rhamnosus*, *Lactobacillus Acidophilus*, *Bifidobacterium*; пребиотики: инулин, фруктоолигосахариды (ФОС), нутриоза, унипектин.

В готовом продукте исследовали pH, титруемую кислотность, количество жизнеспособных микроорганизмов; производилась идентификация микроорганизмов в продукте (табл. 1).

### Результаты и их обсуждение

*Эксперимент 1. Подбор пробиотических культур и пребиотиков.* В ходе проведения эксперимента 1 были созданы опытные образцы: контроль – без пребиотиков (4 образца) и различные комбинации с пробиотиком + пребиотик (16 образцов). В итоге было получено 20 опытных образцов ферментированного продукта (табл. 2).

Таблица 1

#### Методы исследования показателей образцов

Показатель	Метод исследования
pH	Потенциометрический метод определения
Титруемая кислотность	Согласно ГОСТ 31976–2012 «Йогурты и продукты кисломолочные»
Количество жизнеспособных микроорганизмов	Определение молочнокислых микроорганизмов по ГОСТ 10444.11–2013. Методы выявления и подсчета количества мезофильных молочнокислых микроорганизмов (среда по п. 5.2.1, температура инкубации – 37–40°C в зависимости от вида) Определение бифидобактерий по ГОСТ 33924–2016. Методы определения бифидобактерий (среда бифидо + MUP, температура инкубации – 37°C)
Идентификация микроорганизма	MALDI-TOF масс-спектрометрия для видовой идентификации микроорганизмов

## Эксперимент 1 – варианты опытных образцов

Образец	Вариант	Пребиотик	Пробиотик
1A	Acid (контроль)	-	Lactobacillus Acidophilus
1B	Reu (контроль)	-	Lactobacillus reuteri
1C	Rham (контроль)	-	Lactobacillus rhamnosus
1D	Бифидум (контроль)	-	Bifidobacterium (bifidum, animalis ssp., lactis ssp.)
2A	Инулин + Acid	Инулин	Lactobacillus Acidophilus
2B	Инулин + Reu	Инулин	Lactobacillus reuteri
2C	Инулин + Rham	Инулин	Lactobacillus rhamnosus
2D	Инулин + бифидум	Инулин	Bifidobacterium (bifidum, animalis ssp., lactis ssp.)
3A	ФОС + Acid	ФОС	Lactobacillus Acidophilus
3B	ФОС + Reu	ФОС	Lactobacillus reuteri
3C	ФОС + Rham	ФОС	Lactobacillus rhamnosus
3D	ФОС + бифидум	ФОС	Bifidobacterium (bifidum, animalis ssp., lactis ssp.)
4A	Унипектин + Acid	Унипектин	Lactobacillus Acidophilus
4B	Унипектин + Reu	Унипектин	Lactobacillus reuteri
4C	Унипектин + Rham	Унипектин	Lactobacillus rhamnosus
4D	Унипектин + бифидум	Унипектин	Bifidobacterium (bifidum, animalis ssp., lactis ssp.)
5A	Нутриоза + Acid	Нутриоза	Lactobacillus Acidophilus
5B	Нутриоза + Reu	Нутриоза	Lactobacillus reuteri
5C	Нутриоза + Rham	Нутриоза	Lactobacillus rhamnosus
5D	Нутриоза + бифидум	Нутриоза	Bifidobacterium (bifidum, animalis ssp., lactis ssp.)

*Ход работы.* Нормализованное до 2,5%-ной жирности молоко гомогенизировали при температуре  $65,0 \pm 2^\circ\text{C}$ , затем пастеризовали при температуре  $92,0 \pm 2^\circ\text{C}$  в течение 2 мин и охлаждали до  $43,0 \pm 2^\circ\text{C}$ . Вносили пребиотики (4 варианта: инулин, фруктоолигосахариды (ФОС), нутриоза, унипектин) в количестве 3%. Обогащенное пребиотиками молоко сквашивали чистыми пробиотическими культурами, наиболее приближенными к тем, что населяют кишечник человека (4 вида бактерий: *Lactobacillus Reuteri*, *Lactobacillus Rhamnosus*, *Lactobacillus Acidophilus*, *Bifidobacterium*), в количестве 3%. Сквашивание происходило при температуре  $38,0 \pm 1^\circ\text{C}$  и длилось до образования сгустка – 4–6 ч. В конце опытные образцы продукта охлаждались до температуры  $4,0 \pm 0,5^\circ\text{C}$  и хранились в холодильном шкафу в течение 14 суток.

Проанализировав полученные результаты эксперимента 1 (табл. 3), можно сделать предварительные выводы и предложить решения.

## Результаты эксперимента I

Образец	Вариант	Кислотность		Количество микроорганизмов, КОЕ/г	Идентифицированная микрофлора
		активная, pH	титруемая, T°		
1A	Acid (K)	3,9±0,04	103±1,08	2,4×10 <sup>8</sup>	L. acidophilus
1B	Reu (K)	4,3±0,04	77±1,15	4,0×10 <sup>8</sup>	L. reuteri, Str. salv. thermophilus
1C	Rham (K)	5,2±0,03	61±1,16	2,5×10 <sup>8</sup>	L. rhamnosus
1D	Бифидум (K)	4,3±0,04	75±1,10	2,1×10 <sup>5</sup>	Str. salv. thermophilus
2A	Инулин + Acid	4,1±0,03	105±1,09	8,0×10 <sup>7</sup>	L. acidophilus, En. facium
2B	Инулин + Reu	4,3±0,02	75±1,07	4,1×10 <sup>8</sup>	<i>L. reuteri, Str. salv. thermophilus, L. lactis, En. facium</i>
2C	Инулин + Rham	4,2±0,03	65±1,05	1,4×10 <sup>8</sup>	L. rhamnosus
2D	Инулин + бифидум	4,2±0,05	78±1,05	1,3×10 <sup>6</sup>	L. lactis
3A	ФОС + Acid	4,1±0,05	103±1,08	3,5×10 <sup>7</sup>	L. acidophilus, L. plantarum, B. cereus, Str. salv. thermophilus, En. gallinarum, En. facium
3B	ФОС + Reu	4,3±0,06	79±1,10	7,1×10 <sup>8</sup>	<i>Str. salv. thermophilus, En. gallinarum, En. facium</i>
3C	ФОС + Rham	4,0±0,05	58±1,55	2,8×10 <sup>8</sup>	L. rhamnosus
3D	ФОС + бифидум	4,3±0,06	98±1,05	9,4×10 <sup>7</sup>	En. facium
4A	Унипектин + Acid	4,4±0,05	85±1,15	1,8×10 <sup>8</sup>	<i>En. facium, L. acidophilus, L. plantarum, Str. salv. thermophilus</i>
4B	Унипектин + Reu	5,8±0,07	38±1,50	2,2×10 <sup>6</sup>	L. reuteri, B. cereus
4C	Унипектин + Rham	5,1±0,05	46±1,66	5,5×10 <sup>7</sup>	L. rhamnosus
4D	Унипектин + бифидум	6,2±0,09	26±1,78	<1,0×10 <sup>5</sup>	-
5A	Нутриоза + Acid	4,0±0,03	88±1,15	1,3×10 <sup>8</sup>	<i>En. facium, L. acidophilus, L. plantarum, Str. salv. thermophilus</i>
5B	Нутриоза + Reu	4,3±0,05	77±1,09	2,6×10 <sup>8</sup>	<i>Str. salv. thermophilus, L. lactis</i>
5C	Нутриоза + Rham	4,7±0,06	65±1,17	3,5×10 <sup>7</sup>	L. rhamnosus
5D	Нутриоза + бифидум	4,4±0,05	75±1,05	9,4×10 <sup>5</sup>	Str. salv. thermophilus

## Выводы

Титры микроорганизмов не доходят до усредненных значений биологически активной дозировки  $1,0 \times 10^9 - 1,0 \times 10^{10}$  КОЕ/г [1, 2]. Скорее всего пробиотические культуры в чистом виде развивались неактивно. При этом молочно-кислые бактерии выросли в небольших количествах, а бифидобактерии совсем не развились (1D, 5D). Решение: в дальнейших исследованиях рекомендовано использовать комбинации пробиотических кисломолочных культур для получения более устойчивой системы (более стабильного продукта). Также возможно использование наибольшей концентрации чистой культуры микроорганизмов, что впоследствии приведет к повышению количества микроорганизмов в готовом продукте.

В опытных образцах готового продукта были обнаружены посторонние микроорганизмы. Попадание посторонней микрофлоры может быть обусловлено попаданием сторонних микроорганизмов с пребиотиками. Решение: следует принять меры для минимизации возможности попадания микроорганизмов извне, поэтому необходимо пастеризовать смесь молока уже внесенным пребиотиком, затем охлаждать и вносить закваску, то есть пастеризация молочной смеси должна производиться уже совместно с пребиотиком.

Наиболее устойчивым к развитию посторонней микрофлоры в готовом продукте оказался *Lactobacillus Rhamnosus* (2C, 3C, 4C, 5C). Внесение данного микроорганизма не позволило развиваться посторонним микроорганизмам и дало относительно высокие концентрации жизнеспособных бактерий в готовом продукте. Данный микроорганизм обладает защитными свойствами против патогенов, поэтому его можно использовать для предотвращения возможного обсеменения и порчи продукта. Решение: следует рассмотреть эту культуру для дальнейших исследований в комбинации с другими вариантами пробиотических культур.

Унипектин дает продукту специфический запах (сладко-цитрусовый) и моделирует вязкую консистенцию, более похожую на суфле или панакоту (4A, 4B, 4C, 4D). Унипектин подойдет больше для производства суфле или иных молочных десертов с пробиотическими свойствами. Решение: некоторые компоненты не стоит использовать в дальнейших исследованиях.

Можно заметить, что продукты с пребиотиками в сравнении с контрольными образцами дают меньшую концентрацию микроорганизмов (2A, 4B, 4C, 5C). Решение: возможно, концентрация пребиотика может выступать стоп-фактором, поэтому необходимо тщательно подбирать комбинацию пребиотиков для последующих исследований.

*Эксперимент 2. Подбор оптимальных сочетаний пробиотических культур и комбинаций пребиотиков.* В эксперименте 2 использовали отобранные комбинации штаммов чистых пробиотических культур *Lactobacillus Reuteri*, *Lactobacillus Rhamnosus*, *Bifidobacterium* с закваской, в состав которой входили культуры *Streptococcus salivarius ssp thermophilus* и *Lactobacillus Acidophilus*, характерные для ацидофильной простокваши. Также использовали предварительно отобранные пребиотики: инулин, фруктоолигосахариды, нутриозы (табл. 4).

*Ход работы.* Нормализованное до 2,5%-ной жирности молоко гомогенизировали при температуре  $65,0 \pm 2^\circ\text{C}$ , после чего в него вносили пребиотики (инулин, фруктоолигосахариды, нутриозу) в виде комбинаций: контроль (без пребиотиков), инулин (1,5%) + Нутриоза (1,5%), Фруктоолигосахариды (1,5%) + Нутриоза (1,5%), затем пастеризовали при температуре  $92,0 \pm 2^\circ\text{C}$  в течение 2 мин и охлаждали до температуры сквашивания. Обогащенное пребиотиками молоко сквашивали

закваской – комбинациями микроорганизмов. В состав закваски входили культуры *Streptococcus salivarius ssp thermophilus* и *Lactobacillus Acidophilus*, характерные для ацидофильной простокваши, а также 3 вида чистых пробиотических культур: *Lactobacillus reuteri*, *Lactobacillus rhamnosus* и *Bifidobacterium (bifidum, animalis ssp., lactis ssp.)*. Внесение культур *Streptococcus salivarius ssp thermophilus* и *Lactobacillus Acidophilus* в подготовленную молочную смесь производилось при температуре 40°C. Скваживание происходило при температуре 38,0±1°C в течение 6,5 ч. После образования сгустка опытные образцы готового продукта охлаждались до 4,0±0,5°C и хранились в холодильном шкафу в течение 14 суток. В готовых продуктах исследовали pH, титруемую кислотность, количество жизнеспособных микроорганизмов; производилась идентификация микроорганизмов в продукте (табл. 1).

Проанализировав полученные результаты эксперимента 2 (табл. 5), можно сделать некоторые выводы и предложить решения.

Таблица 4

### Эксперимент 2 – варианты опытных образцов

Образец	Вариант	Пребиотик	Пробиотик
1A	Reu (K)	-	<i>Str. saliv.s ssp therm. u L. Acidophilus + L. reuteri</i>
1B	Bifido (K)		<i>Str. saliv.s ssp therm. u L. Acidophilus + Bifidobacterium (bifidum, animalis ssp., lactis ssp.)</i>
1C	Rhamn (K)		<i>Str. saliv.s ssp therm. u L. Acidophilus + L. rhamnosus</i>
2A	(Нут и Инул) + Reu	Нутриоза + + Инулин (50:50)	<i>Str. saliv.s ssp therm. u L. Acidophilus + L. reuteri</i>
2B	(Нут и Инул) + Bifido		<i>Str. saliv.s ssp therm. u L. Acidophilus + Bifidobacterium (bifidum, animalis ssp., lactis ssp.)</i>
2C	(Нут и Инул) + Rhamn		<i>Str. saliv.s ssp therm. u L. Acidophilus + L. rhamnosus</i>
3A	(Нут и Фос) + Reu	Нутриоза + + Фруктоолигосахариды (50:50)	<i>Str. saliv.s ssp therm. u L. Acidophilus + L. reuteri</i>
3B	(Нут и Фос) + Bifido		<i>Str. saliv.s ssp therm. u L. Acidophilus + Bifidobacterium (bifidum, animalis ssp., lactis ssp.)</i>
3C	(Нут и Фос) + Rhamn		<i>Str. saliv.s ssp therm. u L. Acidophilus + L. rhamnosus</i>

## Результаты эксперимента 2

Образец	Вариант	Кислотность		Количество микроорганизмов, КОЕ/г	Идентифицированная микрофлора
		активная, рН	титруемая, Т°		
1А	Reu (К)	4,43±0,19	61±2,27	1,1×10 <sup>9</sup>	<i>Str. salivarius. ssp thermophilus</i> , <i>L. Acidophilus</i> , <i>L. reuteri</i>
1В	Bifido (К)	4,38±0,17	71±2,19	1,2×10 <sup>9</sup>	<i>Str. salivarius. ssp thermophilus</i> , <i>L. Acidophilus</i>
				3,6×10 <sup>6</sup>	<i>Bifidobacterium animalis</i>
1С	Rhamn (К)	4,51±0,21	64±2,25	1,2×10 <sup>9</sup>	<i>Str. salivarius. ssp thermophilus</i> , <i>L. Acidophilus</i> , <i>L. lactis</i> , <i>L. rhamnosus</i>
2А	(Нут и Инул) + + Reu	4,51±0,18	73±1,51	1,3×10 <sup>9</sup>	<i>Str. salivarius. ssp thermophilus</i> , <i>L. Acidophilus</i> , <i>L. reuteri</i>
2В	(Нут и Инул) + + Bifido	4,46±0,15	77±2,03	7,4×10 <sup>8</sup>	<i>Str. salivarius. ssp thermophilus</i> , <i>L. Acidophilus</i> , <i>L. lactis</i>
				1,4×10 <sup>6</sup>	<i>Bifidobacterium animalis</i>
2С	(Nutr and Inul) + + Rhamn	4,47±0,19	68±2,15	8,0×10 <sup>8</sup>	<i>Str. salivarius. ssp thermophilus</i> , <i>L. Acidophilus</i> , <i>L. casei</i> <i>L. rhamnosus</i>
3А	(Nutr and FOS) + + Reu	4,42±0,13	70±2,08	1,1×10 <sup>9</sup>	<i>Str. salivarius. ssp thermophilus</i> , <i>L. Acidophilus</i> , <i>L. reuteri</i>
3В	(Нут и Фос) + + Bifido	4,53±0,22	78±1,77	6,9×10 <sup>8</sup>	<i>Str. salivarius. ssp thermophilus</i> , <i>L. Acidophilus</i> , <i>L. lactis</i>
				3,2×10 <sup>6</sup>	<i>Bifidobacterium animalis</i>
3С	(Нут и Фос) + + Rhamn	4,45±0,20	76±2,20	1,4×10 <sup>9</sup>	<i>Str. salivarius. ssp thermophilus</i> , <i>L. Acidophilus</i> , <i>L. rhamnosus</i>

## Выводы

В результате проведения эксперимента 2 был получен желаемый результат: качественные ферментированные продукты с хорошими органолептическими свойствами (вкус, цвет, запах, консистенция), в которых отсутствуют представители посторонней микрофлоры и которые обладают более высоким титром микроорганизмов (2А, 3А, 3С). Это обусловлено симбиозом микроорганизмов в продукте и достаточным количеством питания для развития и поддержания титра на протяжении всего срока хранения. Решение: используя различные комбинации пробиотических культур и пребиотиков, можно получить качественные продукты с хорошими органолептическими показателями, с высоким титром микроорганизмов без «следов» посторонней микрофлоры.

При сравнении продуктов с пребиотиком и контролем можно отметить, что опытные образцы кисломолочных продуктов с пребиотиком в некоторых случаях дают титр микроорганизмов ниже (2С, 2В, 3В), чем в контрольных образцах. Действительно, для некоторых микроорганизмов концентрация пребиотика может выступать стоп-фактором для развития, соответственно это следует учесть в дальнейших исследованиях. Решение: необходимо рассмотреть возможность использования других видов пребиотиков: натуральные концентраты пищевых волокон, полученные из овощей и фруктов, лактулозу и др. Даже если в эксперименте 2 были получены достаточно удачные комбинации, все равно в дальнейшем можно рассмотреть другие комбинации пребиотиков, изменить концентрацию вносимого пребиотика и т.д.

Замечена существенная разница в количестве молочных микроорганизмов в продуктах с бифидобактериями и без них. Скорее всего это обусловлено конкуренцией между молочнокислыми бактериями и бифидобактериями в процессе сквашивания (2В, 3В). Решение: стоит учитывать этот фактор для получения желаемых титров микроорганизмов и вносить их в достаточном количестве, необходимом на момент получения готового продукта.

При наблюдении установлено, что титр бифидобактерий не увеличивается в процессе сквашивания, оставаясь на том же уровне, что и на момент внесения (1В). По данным литературы можно предположить, что бифидобактерии не развиваются в продукте и их титр после внесения не изменялся ( $1,0 \times 10^6$  КОЕ/г). Решение: для обогащения кисломолочного продукта необходимо вносить культуру бифидобактерий в той концентрации, которая необходима на момент получения готового продукта.

В целом в соответствии с поставленными задачами все опытные образцы ферментированного продукта получились качественными и соответствовали предъявляемым требованиям (рис.).



*Эксперимент 1*



*Эксперимент 2*

**Рис.** Опытные образцы ферментированного продукта

Уровень рентабельности производства таких продуктов составил в среднем 35–40%, что является достаточно высоким показателем. Функциональные продукты питания являются будущим пищевой промышленности. Они отвечают требованиям персонализации продукта и несут огромную ценность для здоровья и качества жизни будущих поколений. Кисломолочные продукты исторически используются человечеством, и усовершенствование традиционных продуктов является важным направлением, так как это дает возможность получить продукт, выполняющий большее количество функций, чем просто обеспечение организм энергией.

Разработка и создание симбиотических ферментированных молочных продуктов, включающих в себя пробиотические культуры микроорганизмов

и пребиотики, – актуальное и перспективное направление развития молочной промышленности, которое позволит обогатить рацион питания потребителей и ассортимент предприятия функциональными и полезными продуктами [9–12]. Использование при производстве кисломолочных ферментированных молочных продуктов предложенных комбинаций заквасочных микроорганизмов (*Streptococcus salivarius ssp thermophilus* и *Lactobacillus Acidophilus*), обогащенных пробиотическими культурами (*Lactobacillus Reuteri*, *Lactobacillus Rhamnosus*) и пребиотиками (инулин, нутриоза, ФОС), позволит получить функциональные продукты, сочетающие максимальную пользу ферментированного молочного продукта, пребиотика и имеющие высокую концентрацию микроорганизмов, способных нормализовать баланс микрофлоры ЖКТ человека. Важно выделить такие продукты в отдельную нишу и донести до потребителей ценность и важность данного продукта для нормального функционирования ЖКТ и здоровья в целом, разработать фирменный стиль, утвердить проект ТУ и осуществить выход данного продукта на рынок.

### Библиографический список

1. Жукова Е.В. Теоретические основы питания: учеб. пособие. – М.: Реарт, 2017. – 152 с. EDN: YUNOJF.
2. Шувариков А.С., Жукова Е.В., Пастух О.Н., Корневская П.А. Научные основы переработки продукции животноводства: учеб. пособие. – М., 2021. – Ч. I. – 198 с. EDN: CEDUFH.
3. Бухарова С.В. Кисломолочные продукты, обогащенные пребиотиками/ пребиотиками // Теория и практика современной аграрной науки: Сборник трудов III Национальной (Всероссийской) научной конференции с международным участием, г. Новосибирск, 28 февраля 2020 г. – Новосибирск: Золотой колос, 2020. – Т. 2. – С. 357–360. EDN: FXNVXF.
4. Войтенко О.С., Бараников В.А., Войтенко Л.Г., Тушев В.А. Влияние пребиотиков на качество кисломолочных продуктов животного происхождения // Актуальные вопросы науки и практики в инновационном развитии АПК: Материалы Всероссийской (Национальной) научно-практической конференции, пос. Персиановский, 25 декабря 2020 г. – 2020. – Т. III. – С. 44–47. EDN: LUEDLK.
5. Редько В.В. Обеспечение качества и безопасности при производстве кисломолочных продуктов // Актуальные вопросы инженерно-технического и технологического обеспечения АПК: Материалы IX Национальной научно-практической конференции с международным участием, г. Иркутск, 23–24 сентября 2021 г. – Иркутск: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2021. – С. 77–83. EDN: QVNJYZ.
6. Андросова Н.Л., Антипова Т.А., Фелик С.В. и др. Подбор заквасочных культур для производства ферментированного молочно-зернового продукта детского питания // Пищевая промышленность. – 2023. – № 9. – С. 128–130. DOI: 10.52653/PPI.2023.9.9.023. EDN BGNVMC.
7. Shuvarikov A.S., Baimukanov D.A., Dunin M.I. et al. Estimation of composition, technological properties, and factor of allergenicity of cow's, goat's and camel's milk // Вестник Национальной академии наук Республики Казахстан. – 2019. – № 6 (382). – Рр. 64–74. DOI: 10.32014/2019.2518-1467.146. EDN: HYNRAL.
8. Shuvarikov A.S. et al. Development of formulation for soft cheese based on milk from animals of different species // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Omsk City, 29–30 марта 2021 г. – Omsk City, 2022. – Art. 012070. DOI: 10.1088/1755-1315/954/1/012070. EDN: EHVBJK.

9. Агибаева А.Ж. Продукт диабетического назначения из козьего молока // Современное состояние, перспективы развития АПК и производства специализированных продуктов питания: Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной юбилею заслуженного работника высшей школы Российской Федерации, доктора технических наук, профессора Гавриловой Натальи Борисовны, г. Омск, 24 апреля 2020 г. – Омск, 2020. – С. 236–238. EDN: GEBТОК.

10. Занданова Т.Н. Влияние замораживания на протеолитическую активность бактериального концентрата // Вестник КрасГАУ. – 2022. – № 11 (188). – С. 165–170. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-11-165-170. EDN: JYVBLR.

11. Дмитриева И.Е. Разработка технологии синбиотического кисломолочного продукта // Вестник современных исследований. – 2018. – № 4.2 (19). – С. 12–14. EDN: USABAZ.

12. Табакаева О.В. Органолептическая оценка качества симбиотического йогурта с биологически активными веществами облепихи и шиповника // АПК России. – 2020. – Т. 27, № 5. – С. 860–866. EDN: IURYXX.

13. Яковлева С.Ю., Тригуб В.В., Николенко М.В., Попов В.Г. Анализ рецептуры и свойств симбиотического йогурта // Ползуновский вестник. – 2022. – № 2. – С. 65–73. DOI: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.02.009. EDN: GISLКQ.

14. Чебуркин А.А., Киселева Е.С. Профилактика пищевой аллергии: современные тенденции // Вопросы практической педиатрии. – 2023. – Т. 18, № 5. – С. 62–70. DOI: 10.20953/1817-7646-2023-5-62-70. EDN: SSWNIR.

15. Baskar N., Varadharajan S., Rameshbabu M. et al. Development of plant-based yogurt // Foods and Raw Materials. – 2022. – Vol. 10, № 2. – P. 274–282. DOI: 10.21603/2308-4057-2022-2-537. EDN: XJUPLS.

## FORTIFICATION OF DAIRY PRODUCTS WITH PRO- AND PREBIOTICS

E.V. ZHUKOVA, P.A. KORENEVSKAYA, E.D. SAVINA, O.N. PASTUKH

(Russian State Agrarian University – Moscow State Agricultural Academy)

*The composition of the microflora in the human gastrointestinal tract (GI tract) can change constantly. It depends on the conditions in which a person was born, age, diet, lifestyle, region of residence, various diseases and medications taken. It is very important to maintain the correct balance (ratio) of microorganisms in the GI tract. The novelty of the research lies in the development of symbiotic fermented dairy products, including probiotic microbial cultures and prebiotics. This urgent and promising direction for the development of the dairy industry will enrich consumers' diets and companies' product ranges with functional and useful products. Probiotic micro-organisms added to milk in the form of pure cultures were not active enough and did not reach the high titres required for the development of curative and prophylactic foods. The addition of prebiotics to milk at a rate of 3% prior to pasteurisation reduces the risk of extraneous microflora developing during production and improves the curd of the final product. The use of a combination of pure strains of probiotic cultures at a higher concentration (5%) and cultures of microorganisms capable of forming a dense milk curd during fermentation allows a product with good organoleptic characteristics, stable consistency and a high titer of probiotic microorganisms (from  $1.0 \times 10^9$  CFU) to be obtained. The profitability of the production of such products is on average 35–40%.*

**Keywords:** fermented (fermented milk) products, microorganisms, prebiotics, probiotics, quality of the final product, coli titer.

## References

1. Zhukova E.V. *Theoretical foundations of nutrition*. Moscow, Russia: OOO “Reart”, 2017:152. (In Russ.)
2. Shuvarikov A.S., Zhukova E.V., Pastukh O.N., Korenevskaya P.A. *Scientific bases of processing livestock products*. Pt.I. Moscow, Russia, 2021:198. (In Russ.)
3. Bukharova S.V., Bukharova T.V., Belookov A.A. Fermented dairy products enriched with probiotics / prebiotics. *III natsional'naya (vserossiyskaya) nauchnaya konferentsiya s mezhdunarodnym uchastiyem “Teoriya i praktika sovremennoy agrarnoy nauki”*, Novosibirsk, February 28, 2020. Novosibirsk: ITs NGAU “Zolotoy kolos”, 2020;2:357–360. (In Russ.)
4. Voitenko O.S., Baranikov V.A., Voitenko L.G., Tushev V.A. Effect of prebiotics on the quality of fermented dairy products of animal origin. *Vserossiyskaya (natsional'naya) nauchno-prakticheskaya konferentsiya “Aktual'nye voprosy nauki i praktiki v innovatsionnom razvitii APK”*, pos. Persianovskiy, December 25, 2020. Persianovsky, Russia: Don State Agrarian University, 2020:44–47. (In Russ.)
5. Red'ko V.V., Shmyreva A.V., Alekseeva Y.A. Ensuring quality and safety in the production of sour milk products. *IX Natsional'naya nauchno-prakticheskaya konferentsiya s mezhdunarodnym uchastiyem “Aktual'nye voprosy inzhenerno-tekhnicheskogo i tekhnologicheskogo obespecheniya APK”*, Irkutsk, September 23–24, 2021. Molodezhniy, Russia: Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevskiy, 2021:77–83. (In Russ.)
6. Felik S.V., Antipova T.A., Androsova N.L., Kudryashova O.V., Simonenko S.V. Selection of starter cultures for the production of fermented milk-grain baby food product. *Food Processing Industry*. 2023;9:128–130. (In Russ.) <https://doi.org/10.52653/PPI.2023.9.9.023>
7. Shuvarikov A.S., Baimukanov D.A., Dunin M.I. et al. Estimation of composition, technological properties, and factor of allergenicity of cow's, goat's and camel's milk. *Vestnik Natsional'noy akademii nauk Respubliki Kazakhstan*. 2019;6(382):64–74. <https://doi.org/10.32014/2019.2518-1467.146>
8. Shuvarikov A.S. et al. Development of formulation for soft cheese based on milk from animals of different species. *2021 International Conference on World Technological Trends in Agribusiness, WTTA 2021, Omsk City, March 29–30, 2021*. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing Ltd, 2022:012070. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/954/1/012070>
9. Agibaeva A.Zh., Gavrilova N.B. Cheese for diabetic use from goat's milk. *Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya “Sovremennoe sostoyanie, perspektivy razvitiya APK i proizvodstva spetsializirovannykh produktov pitaniya” posvyashchonnaya yubileyu Zasluzhennogo rabotnika vysshey shkoly Rossiyskoy Federatsii, doktora tekhnicheskikh nauk, professora Gavrilovoy Natal'i Borisovny*, Omsk, April 24, 2020. Omsk, Russia: Omsk State Agrarian University, 2020:236–238. (In Russ.)
10. Zandanova T.N. Freezing effect on bacterial concentrate proteolytic activity. *Bulletin of KGAU*. 2022;11(188):165–170. (In Russ.) <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2022-11-165-170>
11. Dmitrieva I.E. Development of synbiotic fermented milk product technology. *Vestnik sovremennykh issledovaniy*. 2018;4.2(19):12–14. (In Russ.)
12. Tabakaeva O.V., Tabakaev A.V., Melkunov V.V. Organoleptic assessment of the quality of symbiotic yogurt with biologically active substances of sea buckthorn and rosehip. *APK Rossii*. 2020;27(5):860–866. (In Russ.)

13. Yakovleva S.Yu., Tregub V.V., Nikolenko M.V., Popov V.G. Analysis of the formulation and properties of synbiotic yogurt. *Polzunovskiy vestnik*. 2022;2:65–73. (In Russ.) <https://doi.org/10.25712/ASTU.2072-8921.2022.02.009>

14. Cheburkin A.A., Kiseleva E.S. Prevention of food allergies: current trends. *Clinical Practice in Pediatrics*. 2023;18(5):62–70. (In Russ.) <https://doi.org/10.20953/1817-7646-2023-5-62-70>

15. Baskar N., Varadharajan S., Rameshbabu M. et al. Development of plant-based yogurt. *Foods and Raw Materials*. 2022;10(2):274–282. <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2022-2-537>

### Сведения об авторах

**Жукова Екатерина Викторовна**, канд. с.-х. наук, доцент кафедры молочного и мясного скотоводства ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 54; e-mail: e.zhukova@rgau-msha.ru; тел.: (910) 415–34–22

**Корневская Полина Александровна**, канд. биол. наук, доцент кафедры технологии хранения и переработки продуктов животноводства ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 54; e-mail: zooh@bk.ru; тел.: (929) 635–61–94

**Савина Елизавета Дмитриевна**, лаборант-исследователь кафедры технологии хранения и переработки продуктов животноводства ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 54; e-mail: zhulisa1@mail.ru; тел.: (916) 455–15–14

**Пастух Ольга Николаевна**, канд. с.-х. наук, доцент, специалист по УМР учебно-методического управления ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 58; e-mail: pastukh.on@rgau-msha.ru; тел.: (916) 584–18–52

### Information about the authors

**Ekaterina V. Zhukova**, CSc (Agr), Associate Professor at the Department of Dairy and Beef Cattle Breeding, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation; phone: (910) 415–34–22; e-mail: e.zhukova@rgau-msha.ru)

**Polina A. Korenevskaya**, CSc (Bio), Associate Professor at the Department of Technology of Storage and Processing of Animal Products, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation; phone: (929) 635–61–94; e-mail: zooh@bk.ru)

**Elizaveta D. Savina**, Research Assistant at the Department of Technology of Storage and Processing of Animal Products, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation; phone: (916) 455–15–14; e-mail: mail: zhulisa1@mail.ru)

**Olga N. Pastukh**, CSc (Agr), Associate Professor, Expert at Teaching and Guiding Management, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation; phone: (916) 584–18–52, e-mail: pastukh.on@rgau-msha.ru)

ОЦЕНКА РАЗМЕРНОСТИ ЛИЧНЫХ ПОДСОБНЫХ ХОЗЯЙСТВ  
НА ОСНОВЕ ГРУППИРОВОК ПО ЗЕМЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДИ

А.В. УКОЛОВА, К.А. КОЗЛОВ

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

*В статье представлен анализ подходов органов государственной статистики к построению аналитических группировок личных подсобных хозяйств по общей площади земли и общей посевной площади. Аналитические группировки, публикуемые по данным российских сельскохозяйственных переписей, как правило, представляют собой ряды распределения, где характеристика выделенных групп ограничивается лишь числом хозяйств, объемом явления и его отношением к общему итогу. Кроме того, программа публикации итогов сельскохозяйственной микропереписи не предусматривает регионального разреза. В целях улучшения качества сводки, анализа и предоставления данных по личным подсобным хозяйствам предлагается пересмотреть интервалы по ряду группировочных показателей и существенно расширить набор признаков для характеристики аналитических групп. В работе на основе обезличенных первичных данных сельскохозяйственной микропереписи показаны возможности проведения анализа размеров, специализации и интенсификации сельскохозяйственного производства личных подсобных хозяйств при проведении полной сводки по признакам программы наблюдения. Выявленные по данным переписей тенденции уменьшения числа личных подсобных хозяйств и их земельной и посевной площади свидетельствуют о сокращении размеров сельскохозяйственного производства категории хозяйств населения, что позволяет вновь ставить вопрос о целесообразности их сплошного обследования и введения цензов, как это делается в отдельных зарубежных странах. С использованием данных выборочного обследования личных подсобных хозяйств и микропереписи 2021 г. дана оценка стоимости валового производства продукции сельского хозяйства по группам хозяйств по размеру земельных участков, предложено ввести ценз в размере 0,1 га земельной площади для включения личных подсобных хозяйств в перечень респондентов сельскохозяйственных переписей.*

**Ключевые слова:** личные подсобные хозяйства, земельная площадь, аналитическая группировка, интервальный ряд распределения, Всероссийская сельскохозяйственная перепись, сельскохозяйственная микроперепись, выборочное обследование ЛПХ.

**Введение**

Личные подсобные хозяйства (ЛПХ) являются самой многочисленной группой производителей, осуществляющих сельскохозяйственную деятельность. По данным сельскохозяйственной микропереписи 2021 г., их насчитывается 11,2 млн ед. [11]. Хозяйства населения, основная масса которых представлена личными подсобными хозяйствами, несмотря на структурные сдвиги в сторону увеличения доли сельскохозяйственных организаций и крестьянских (фермерских) хозяйств в общем объеме ресурсов и продукции сельского хозяйства [8], продолжают играть существенную роль в обеспечении продовольственной безопасности страны. В 2022 г. в хозяйствах

населения была произведена 1/4 всей продукции сельского хозяйства, половина продукции выращивания крупного рогатого скота и 1/3 молока, по данным 2021 г. – свыше 60% картофеля, плодов и ягод, более 50% овощей [18].

По оценкам А.П. Зинченко, 2/3 продукции домашних хозяйств, к которым относятся, кроме хозяйств населения, и крестьянские (фермерские) хозяйства, не участвует в рыночном обороте [2], поэтому валовая добавленная стоимость по этой части продукции носит расчетный, виртуальный характер. Одним из направлений совершенствования статистического анализа хозяйств населения ученый называл «выделение и всестороннюю характеристику производственных типов по итогам сельскохозяйственных переписей» [2]. Однако при подведении итогов статистических обследований ЛПХ в России публикуются либо сводные данные, либо группировки, представляющие собой практически ряды распределения без детальной характеристики полной системой собираемых показателей, как это делается в странах с развитой аграрной экономикой (ЕС, США и др.). Подобная практика приводит к затруднению статистического изучения ЛПХ, оценки потенциала трансформации в иные формы хозяйствования и развития малого предпринимательства на селе.

При подготовке к проведению сельскохозяйственных переписей неоднократно ставился вопрос и о введении статистических цензов, действующих, например, в Германии, где в сельскохозяйственных обследованиях принимают участие фермы, имеющие более 5 га площади используемых сельскохозяйственных угодий и/или 10 гол. крупного рогатого скота, и/или 50 свиней или 10 свиноматок и т.д. [15]. В США сельскохозяйственной переписи подлежат фермы с валовым денежным доходом (Gross cash farm income) от 1000 долл. [14].

**Цель исследований:** разработка методического подхода к построению и публикации аналитических группировок ЛПХ по земельной площади и в обосновании цензов при проведении сельскохозяйственных переписей.

Задачи исследований:

1. Изучить отечественный опыт разработки и публикации аналитических группировок по земельным угодьям.
2. Провести анализ рядов динамики показателей земельной площади ЛПХ и модификации подходов к выделению интервалов аналитических группировок, разрабатываемых органами государственной статистики по данным сельскохозяйственных переписей.
3. Разработать методический подход к построению и публикации аналитических группировок по земельной площади ЛПХ по данным сельскохозяйственных переписей.
4. Обосновать критерии (цензы) по земельной площади для включения ЛПХ в объекты сельскохозяйственной переписи.

### **Материал и методы исследований**

Для построения статистических группировок, используемых в качестве метода разделения единиц сложного массового общественного явления на существенно различающиеся, но внутренне однородные группы, которые и являются основой для расчета и познания сводных статистических показателей, необходимо правильно выбирать группировочные признаки [1]. В сельском хозяйстве одним из наиболее важных ресурсов является земля, группировки по площади которой широко используются при подведении итогов статистических исследований в зарубежной и отечественной практике [11, 15, 17].

Федеральной службой государственной статистики по итогам сельскохозяйственных переписей проводятся статистические группировки разных категорий

хозяйств по размеру земельных ресурсов в расчете на 1 хозяйство [4, 6, 11]. Но при характеристике выделенных групп не приводятся показатели наличия, состава и использования других ресурсов производства, что не позволяет дать оценку текущего состояния определенной категории хозяйств, и тем более – перспектив их развития.

Объектом исследований является статистическая совокупность ЛПХ Республики Татарстан, которая занимает 5 место в рейтинге регионов России по объему производства продукции сельского хозяйства в 2022 г. При этом удельный вес ЛПХ сохраняется на уровне 31,8% при среднероссийском показателе 24,1% и доле регионов из первой четверки рейтинга (Краснодарский край, Ростовская Белгородская и Воронежская области) от 8,2 до 21,3% [12].

Источником информации послужили сводные и обезличенные первичные данные сельскохозяйственной микропереписи 2021 г. (СХМП-2021) и выборочного обследования сельскохозяйственной деятельности ЛПХ (ВО ЛПХ). Использован метод группировок, сравнительный, табличный и графический методы.

В статье представлены осуществленная группировка ЛПХ по земельной площади и сводка микроданных СХМП-2021 по Республике Татарстан, которая не была предусмотрена программой публикации итогов микропереписи. Для демонстрации возможностей группировки ЛПХ по земельной площади была проведена сводка микроданных СХМП-2021 по комплексу признаков.

Настоящие исследования являются продолжением работы по изучению личных подсобных хозяйств с использованием статистических группировок [9, 10].

### **Результаты и их обсуждение**

Для всесторонней характеристики ЛПХ при подведении итогов сельскохозяйственных переписей Федеральная служба государственной статистики разрабатывает группировки ЛПХ по размеру земельной площади (учитывается вся площадь, находящаяся в пользовании, вне зависимости от того, был ли оформлен договор аренды), а также наиболее продуктивной ее части – общей посевной площади, посевной площади картофеля и овощей.

Вне зависимости от признака по каждой группе приводятся число объектов как абсолютная величина и в процентах от общего числа единиц совокупности, размер земельной площади, удельный вес отдельной аналитической группы в общей земельной площади и средняя площадь, приходящаяся на одно хозяйство. При подведении итогов СХМП-2021 добавлена комбинационная группировка по размеру земельной площади и по цели производства (самообеспечение продовольствием, дополнительный источник денежных средств, основной источник денежных средств), по выделенным группам опубликовано только число ЛПХ. Результаты сельскохозяйственных микропереписей будут представлены только по Российской Федерации в целом в отличие от регионального разреза публикации – при проведении переписей.

При подведении итогов сельскохозяйственной переписи 2016 г. Росстатом по сравнению с переписью 2006 г. были добавлены дополнительные интервалы, что позволяет более точно охарактеризовать наиболее крупные хозяйства, но приводит к несопоставимости данных в динамике (табл. 1, 2). Кроме того, на наш взгляд, Росстату требуется пересмотреть границы интервалов для признака «Общая посевная площадь», так как они шире, чем по площади земельных угодий.

В 2021 г. общее число ЛПХ в Российской Федерации по сравнению с 2016 г. уменьшилось на 1,3 млн или на 7,4%, общая площадь земли – еще в большей степени (на 1,7 млн га, или на 13,8%), посевная площадь – на 0,4 млн га, или на 18,3%. Это свидетельствует о сокращении размеров сельскохозяйственного производства

ЛПХ (рис. 1), что позволяет ставить вопрос о целесообразности сплошного обследования хозяйств населения.

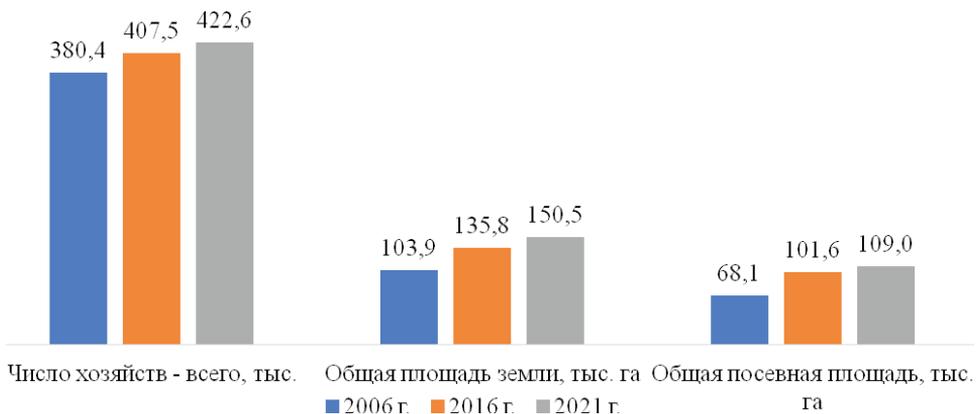
В отдельно взятых субъектах Российской Федерации тенденции развития ЛПХ могут быть другими, что наглядно демонстрируют данные переписей по Республике Татарстан (рис. 2).

В отличие от России в целом в Республике Татарстан в 2021 г. по сравнению с 2016 г. наблюдается увеличение числа ЛПХ на 15,1 тыс., или на 3,7%, при положительном приросте общей площади, находящейся в их пользовании (на 14,7 тыс. га, или на 10,8%), в связи с чем средний размер участка увеличился на 0,022 га и составил 0,356 га. Общая посевная площадь увеличилась на 7,4 тыс. га, или на 7,3%, удельный вес посевов в общей площади земельных участков, хотя и уменьшился на 2,4 п.п., но остается достаточно большим – 72,5%, что в 4 раза больше, чем в среднем по России.

Благодаря группировке по размеру общей площади земли (табл. 1) можно установить, что число ЛПХ увеличилось главным образом за счет хозяйств с площадью земли до 0,1 га. По сравнению с 2016 г. их удельный вес увеличился на 5 п.п. и составил в 2021 г. 18,9%. Несмотря на это, в хозяйствах данной группы сосредоточено лишь 3,5% от земельной площади ЛПХ Республики Татарстан, средний размер участков в этих хозяйствах уменьшился незначительно и составил 0,065 га (в 2016 г. – 0,070 га), тогда как средняя посевная площадь составила 0,036 га.



**Рис. 1.** Число хозяйств и земельные площади ЛПХ в Российской Федерации (расчеты авторов по [4, 6, 11])



**Рис. 2.** Число хозяйств и земельные площади ЛПХ в Республике Татарстан (расчеты авторов по [4, 6] и микроданным СХМП-2021)

Вместе с тем наблюдается тенденция уменьшения числа ЛПХ с площадью земли от 0,11 до 0,35 га. Так, в 2006 г. их удельный вес составлял 67,1% (255,3 тыс. ед.), в 2016 г. – 66,5% (271 тыс. ед.), а в 2021 г. – 64,2% (271,5 тыс. ед.), что отразилось и на сокращении удельного веса данных групп в общей площади земельных участков, который уменьшился до 40,3% с 45,2% в 2016 г. и с 57,8% в 2006 г.

Однако наиболее значимые изменения наблюдаются в самых крупных хозяйствах с площадью земли от 10 га. В 2006 г. подобные хозяйства составляли не более 0,03% от общего числа ЛПХ, и на них приходилось лишь 1,1% общей площади земли, но уже в 2016 г. удельный вес их числа достиг 0,32%, а площади земельных участков – 18,3%, средняя земельная площадь одного хозяйства увеличилась более чем на 8 га. Удельный вес числа этих хозяйств в 2021 г. по сравнению с 2016 г. увеличился не так сильно и составил 0,4% от общего числа ЛПХ, тогда как удельный вес площади земельных участков составил уже 28,5%. Подобное изменение свидетельствует об увеличении размеров наиболее крупных хозяйств.

Таблица 1

**Группировка ЛПХ Республики Татарстан по общей площади земли (расчеты авторов по [4, 6] и микроданным СХМП-2021)**

Интервалы по общей площади земли, га	Число хозяйств, тыс.			Общая площадь земли, тыс. га			% от общей площади земли		
	2006	2016	2021	2006	2016	2021	2006	2016	2021
До 0,06	11,6	12,9	26,6	0,4	0,4	0,8	0,4	0,3	0,5
0,06–0,10	28,5	43,9	53,4	2,4	3,6	4,5	2,3	2,7	3,0
0,11–0,15	43,1	57,3	60,5	5,7	7,5	7,9	5,5	5,6	5,3
0,16–0,20	49,1	53,7	56,2	8,8	9,6	10,0	8,5	7,1	6,7
0,21–0,25	52,4	52,5	52,3	12,1	12	12,0	11,6	8,9	7,9
0,26–0,30	59,8	58,2	56,3	16,7	16,2	15,7	16,1	12,0	10,4
0,31–0,35	50,9	49,3	46,2	16,7	16,1	15,0	16,0	11,9	10,0
0,36–0,40	34,1	32,4	29,7	12,9	12,2	11,1	12,4	9,0	7,4
0,41–0,50	31,6	28,8	24,5	14,1	12,8	10,8	13,6	9,4	7,2
0,51–1,00	18,8	15,2	13,2	11,6	9,4	7,9	11,2	6,9	5,3
1,01–3,00	0,4	0,5	0,5	0,6	0,7	0,7	0,5	0,5	0,5
3,01–5,00	0,1	0,6	0,5	0,2	2,4	2,0	0,2	1,8	1,4
5,01–10,00	0,1	1,1	1,3	0,7	7,8	9,1	0,7	5,7	6,1
10,01–20,00	0,1 <sup>1</sup>	0,9	1,1	1,1 <sup>1</sup>	12,4	15,7	1,0 <sup>1</sup>	9,1	10,4
Свыше 20,00	-	0,4	0,5	-	12,5	27,2	-	9,2	18,1
Итого	380,4	407,5	422,6	103,9	135,8	150,5	100	100	100,0

<sup>1</sup>Данные приведены по интервалу свыше 10,00 га.

В целях более полного изучения сельскохозяйственной деятельности ЛПХ Росстат публикует группировки, построенные по общей посевной площади, которые призваны более точно охарактеризовать их состояние (табл. 2).

Начиная с 2016 г. в группировки по посевам Росстатом добавлены интервалы по крупным ЛПХ с площадью более 1 га. В 2006 г. удельный вес этих хозяйств в общем числе ЛПХ составлял 0,0%, а в общей посевной площади – 1,62%. Уже в 2016 г. их удельный вес в числе ЛПХ увеличился до 0,8% (1,5 тыс. ед.), удельный вес посевной площади достиг 32,8% (33,3 тыс. га).

В 2021 г. тенденция продолжилась, и удельный вес общей посевной площади в общем итоге составил уже 43,9% (47,9 тыс. га), а среднее значение в расчете на 1 хозяйство увеличилось на 2,5 га и составила 13,3 га. Все это обуславливает необходимость введения статистических цензов по размерам ЛПХ в целях экономии средств на проведение сельскохозяйственных переписей.

Таблица 2

**Группировка ЛПХ Республики Татарстан по общей посевной площади  
(расчеты авторов по [5, 7] и микроданным СХМП-2021)**

Интервалы по общей посевной площади, га	Число хозяйств, тыс.			Общая посевная площадь, тыс. га			% от общей посевной площади		
	2006	2016	2021	2006	2016	2021	2006	2016	2021
До 0,06	29,1	54,5	76,5	0,9	1,5	2,5	1,3	1,5	2,2
0,06–0,15	98,3	122,6	102,9	10,3	12,1	10,6	15,1	11,9	9,7
0,16–0,25	108,7	103,9	90,3	21,8	20,7	18,0	32,1	20,4	16,5
0,26–0,35	67,2	66,2	60,2	19,7	19,4	17,6	29	19,1	16,2
0,36–0,45	20,8	21,6	19,5	8,2	8,4	7,6	12	8,3	7,0
0,46–0,65	6,6 <sup>1</sup>	8,8	7,4	3,2 <sup>1</sup>	4,6	3,8	4,8 <sup>1</sup>	4,5	3,5
0,66–1,00	2,6 <sup>2</sup>	2,1	1,4	1,5 <sup>2</sup>	1,6	1,0	2,2 <sup>2</sup>	1,6	1,0
1,01–2,50	1,9 <sup>3</sup>	0,3	0,3	1,4 <sup>3</sup>	0,4	0,4	2,1 <sup>3</sup>	0,3	0,3
2,51–10,00	-	1,6	1,8	-	9,5	11,0	-	9,3	10,1
10,01–20,0	-	0,8	1,1	-	11,6	14,9	-	11,4	13,7
Свыше 20,0	0,2 <sup>4</sup>	0,4	0,5	1,1 <sup>4</sup>	11,8	21,6	1,6 <sup>4</sup>	11,7	19,8
Всего	335,3	382,7	361,8	68,1	101,6	109,0	100,0	100,0	100,0
Хозяйства без посевной площади	3,5	3,5	60,9	х	х	х	х	х	х
Итого	338,8	386,3	422,6	68,1	101,6	109,0	100,0	100,0	100,0

<sup>1</sup> Данные приведены по интервалу 0,46–0,55 га.

<sup>2</sup> Данные приведены по интервалу 0,56–0,65.

<sup>3</sup> Данные приведены по интервалу 0,66–1,0.

<sup>4</sup> Данные приведены по интервалу свыше 1 га.

Сводка по всем показателям переписи позволит дать характеристику размеров, специализации и интенсификации сельскохозяйственного производства.

В таблицах 3, 4 приведены показатели размеров ЛПХ.

По группировке по размеру земли можно привести показатели поголовья сельскохозяйственных животных (табл. 4).

Проведенное ранее исследование с использованием статистических группировок по уровню доходов ЛПХ позволило выявить весьма тесную связь между доходами, полученными от реализации продукции, и условным поголовьем скота (УПС), представленным в основном крупным рогатым скотом (КРС) [9]. Уровень корреляции между площадью земли и поголовьем крупного рогатого скота достаточно высок и составляет 0,974. Хозяйства, имеющие менее 0,3 условной головы КРС и с площадью земли до 0,1 га, относятся к нетоварным [9, 10].

Таблица 3

**Общая площадь земли и посевная площадь по видам сельскохозяйственных культур в расчете на 1 хозяйство, осуществляющее сельскохозяйственную деятельность в Республике Татарстан в 2021 г., га (расчеты авторов по микроданным СХМП-2021)**

Интервалы по общей площади земли, га	Площадь земли, га	Зерновые культуры	Картофель	Овощные и бахчевые культуры открытого грунта		Овощи закрытого грунта	Всего посевов
				всего	в том числе овощи		
До 0,06	0,030	0,000	0,012	0,003	0,003	0,000	0,019
0,06–0,10	0,080	0,000	0,031	0,005	0,005	0,001	0,042
0,11–0,15	0,130	0,000	0,051	0,007	0,007	0,001	0,075
0,16–0,20	0,180	0,000	0,069	0,008	0,008	0,001	0,113
0,21–0,25	0,230	0,000	0,086	0,009	0,009	0,000	0,158
0,26–0,30	0,280	0,000	0,096	0,010	0,009	0,000	0,201
0,31–0,35	0,330	0,001	0,105	0,010	0,010	0,000	0,245
0,36–0,40	0,370	0,001	0,113	0,011	0,010	0,001	0,286
0,41–0,50	0,440	0,001	0,122	0,011	0,011	0,001	0,341
0,51–1,00	0,600	0,001	0,132	0,013	0,012	0,001	0,473
1,01–3,00	1,560	0,084	0,165	0,022	0,022	0,001	1,307
3,01–5,00	4,190	0,453	0,122	0,035	0,035	0,001	4,066
5,01–10,00	7,200	0,860	0,147	0,030	0,030	0,001	6,992
10,01–20,00	13,730	2,468	0,167	0,021	0,021	0,001	13,101
Свыше 20,00	50,990	13,243	7,222	1,410	1,408	0,149	41,334
В среднем	0,360	0,031	0,089	0,011	0,011	0,001	0,297

**Поголовье сельскохозяйственных животных в расчете на 1 хозяйство, осуществляющее сельскохозяйственную деятельность в Республике Татарстан, гол. (расчеты авторов по микроданным СХМП-2021)**

Интервалы по общей площади земли, га	Крупный рогатый скот				Овцы	Козы	Птица сельскохозяйственная	
	Всего	из них: молочные породы		мясные породы			всего	из них: куры яичных пород
		всего	в том числе коровы					
До 0,06	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	1,9	1,4
0,06–0,10	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	3,0	2,1
0,11–0,15	0,3	0,2	0,1	0,0	0,2	0,1	5,2	3,4
0,16–0,20	0,5	0,4	0,2	0,0	0,3	0,1	7,0	4,5
0,21–0,25	0,7	0,7	0,2	0,0	0,5	0,2	8,6	5,5
0,26–0,30	0,9	0,8	0,3	0,0	0,7	0,2	9,9	6,3
0,31–0,35	1,0	0,9	0,4	0,1	0,7	0,2	10,8	6,7
0,36–0,40	1,2	1,2	0,5	0,1	0,9	0,2	12,4	7,5
0,41–0,50	1,5	1,4	0,5	0,1	1,1	0,2	13,4	8,1
0,51–1,00	1,9	1,8	0,7	0,1	1,6	0,2	15,0	8,9
1,01–3,00	4,8	4,3	1,7	0,4	2,9	0,4	27,3	15,1
3,01–5,00	4,2	4,1	1,7	0,1	2,1	0,3	21,1	10,1
5,01–10,00	5,3	5,2	2,2	0,1	2,9	0,3	24,5	13,7
10,01–20,00	7,1	6,9	2,9	0,2	3,6	0,3	34,9	17,0
Свыше 20,00	20,0	18,4	7,6	1,6	10,7	8,0	677,3	382,8
В среднем	0,8	0,7	0,3	0,0	0,5	0,1	9,3	5,8

Структура посевов сельскохозяйственных культур позволяет выявить специализацию производства (табл. 5). Более половины посевов в группах с площадью земли до 0,3 га составляют картофель и овощи открытого грунта. По мере увеличения земельной площади уменьшается удельный вес посевов картофеля и овощей, но увеличивается доля зерновых культур и других посевов. Так, 5 последних групп с площадью более 1 га заняты выращиванием зерна, масличных, кормовых и других культур.

Уровень интенсификации ЛПХ по поголовью скота и птицы представлен в таблице 6.

**Структура посевов сельскохозяйственных культур в ЛПХ Республики Татарстан, %  
(расчеты авторов по микроданным СХМП-2021)**

Интервалы по общей площади земли, га	Зерновые культуры	Картофель	Овощи открытого грунта	Овощи закрытого грунта	Другие посевы	Всего посевов под урожай 2021 г.
До 0,06	0,1	61,3	18,0	1,4	19,3	100,0
0,06–0,10	0,0	72,9	12,3	1,2	13,6	100,0
0,11–0,15	0,1	67,7	9,4	0,7	22,1	100,0
0,16–0,20	0,0	61,4	7,1	0,5	31,0	100,0
0,21–0,25	0,1	54,3	5,5	0,3	39,7	100,0
0,26–0,30	0,1	47,9	4,7	0,2	47,1	100,0
0,31–0,35	0,2	42,9	4,0	0,2	52,6	100,0
0,36–0,40	0,2	39,7	3,6	0,2	56,3	100,0
0,41–0,50	0,2	35,9	3,3	0,2	60,4	100,0
0,51–1,00	0,3	27,9	2,6	0,1	69,0	100,0
1,01–3,00	6,4	12,6	1,7	0,1	79,2	100,0
3,01–5,00	11,1	3,0	0,9	0,0	85,0	100,0
5,01–10,00	12,3	2,1	0,4	0,0	85,2	100,0
10,01–20,00	18,8	1,3	0,2	0,0	79,7	100,0
Свыше 20,00	32,0	17,5	3,4	0,4	46,7	100,0
В среднем	10,3	30,1	3,6	0,2	55,8	100,0

Наибольшее поголовье сельскохозяйственных животных сосредоточено в средних группах с площадью земли от 0,21 до 0,5 га. Таким образом, в них представлено свыше половины поголовья крупного рогатого скота, лошадей, овец и птицы, что обуславливает необходимость учета выделенных групп. В свою очередь, по причине малого числа ЛПХ в группах с площадью земли от 10 га доля поголовья скота и птицы не так велика. Хозяйства с земельной площадью до 0,1 га практически не содержат сельскохозяйственных животных, что также ставит под сомнение необходимость их включения в списки респондентов для участия в переписи.

Представленные данные наглядно подтверждают вывод В.И. Ленина: «С увеличением размеров хозяйства интенсивность земледелия понижается – если судить о размерах хозяйства по величине площади земли...» [13]. Это связано и с тем, что при расчете уровня интенсивности в знаменателе используется сам группировочный признак или, как в нашем случае, тесно связанный с ним, а систематические ошибки в крайних интервалах имеют свойство накапливаться.

**Поголовье сельскохозяйственных животных в расчете на 1 га  
общей посевной площади в ЛПХ Республики Татарстан, гол.  
(расчет авторов по микроданным СХМП-2021)**

Интервалы по общей площади земли, га	Крупный рогатый скот			Овцы	Козы	Птица сельскохозяйственная		Лошади
	всего	из них: молочные породы				всего	из них: куры яичных пород	
		всего	в том числе коровы					
До 0,06	5,2	4,6	1,6	4,4	2,8	99,9	73,1	0,1
0,06–0,10	3,2	2,9	1,0	2,1	1,4	71,8	50,5	0,1
0,11–0,15	3,5	3,3	1,1	2,2	1,1	69,1	45,0	0,1
0,16–0,20	4,2	3,9	1,4	2,7	1,0	61,6	39,9	0,2
0,21–0,25	4,5	4,2	1,5	3,0	1,0	54,3	34,8	0,2
0,26–0,30	4,3	4,0	1,5	3,2	0,8	49,1	31,4	0,2
0,31–0,35	4,1	3,8	1,4	3,0	0,7	44,2	27,5	0,2
0,36–0,40	4,3	4,0	1,6	3,3	0,7	43,4	26,3	0,2
0,41–0,50	4,3	4,1	1,6	3,1	0,6	39,2	23,6	0,2
0,51–1,00	4,0	3,8	1,5	3,4	0,5	31,7	18,7	0,2
1,01–3,00	3,7	3,3	1,3	2,2	0,3	20,9	11,6	0,2
3,01–5,00	1,0	1,0	0,4	0,5	0,1	5,2	2,5	0,0
5,01–10,00	0,8	0,7	0,3	0,4	0,0	3,5	2,0	0,0
10,01–20,00	0,5	0,5	0,2	0,3	0,0	2,7	1,3	0,0
Свыше 20,00	0,5	0,4	0,2	0,3	0,2	16,4	9,3	0,0
<b>В среднем</b>	<b>2,6</b>	<b>2,4</b>	<b>0,9</b>	<b>1,8</b>	<b>0,5</b>	<b>31,3</b>	<b>19,5</b>	<b>0,1</b>

Для обоснования использования статистических цензов в рамках сельскохозяйственных переписей необходимо определить вклад отдельных групп ЛПХ в формирование стоимости валовой продукции сельского хозяйства и их доходов от реализации продукции собственного производства. Однако поскольку программа сельскохозяйственных переписей не включает в себя показатели результатов производства, предлагается произвести оценку на основе данных выборочного обследования ЛПХ: сначала построить статистическую группировку по площади земли с использованием интервалов переписи, затем рассчитать валовое производство продукции сельского

хозяйства в средних ценах реализации по субъекту Российской Федерации и совокупный доход от реализации продукции собственного производства по каждой группе хозяйств. После этого нужно определить стоимость валовой продукции сельского хозяйства и доходов от ее реализации в расчете на одно ЛПХ, а затем распространить полученные данные на всю совокупность объектов СХМП-2021 (табл. 7).

Таблица 7

**Структура стоимости валовой продукции сельского хозяйства  
и доходов от ее реализации по совокупности ЛПХ Республики Татарстан  
по данным СХМП-2021 и выборочного обследования ЛПХ за 2021 г., %  
(расчет авторов по [11], микроданным СХМП-2021  
и выборочному обследованию ЛПХ за 2021 г.)**

Интервалы по общей площади земли, га	Стоимость валового производства продукции сельского хозяйства		Доход от реализации продукции собственного производства		Число ЛПХ	
	СХМП-2021	ВО ЛПХ	СХМП-2021	ВО ЛПХ	СХМП-2021	ВО ЛПХ
До 0,06	3,19	2,51	3,04	2,41	6,28	5,60
0,06–0,10	5,54	2,00	4,50	1,63	12,64	5,17
0,11–0,15	14,59	7,97	18,76	10,28	14,30	8,84
0,16–0,20	13,37	14,95	16,82	18,87	13,29	16,81
0,21–0,25	13,23	22,42	13,40	22,78	12,37	23,71
0,26–0,30	13,52	12,58	11,50	10,73	13,32	14,01
0,31–0,35	13,07	11,85	11,46	10,42	10,94	11,21
0,36–0,40	11,62	5,98	13,07	6,75	7,03	4,09
0,41–0,50	5,78	2,09	3,02	1,10	5,79	2,37
0,51–1,00	3,30	3,22	1,82	1,79	3,12	3,45
1,01–3,00	0,22 <sup>1</sup>	-	0,17 <sup>1</sup>	-	0,11	-
3,01–5,00	0,24 <sup>1</sup>	-	0,18 <sup>1</sup>	-	0,12	-
5,01–10,00	1,01	8,37	0,85	7,06	0,30	2,80
10,01–20,00	0,98	5,54	0,98	5,55	0,27	1,72
Свыше 20,00	0,34	0,51	0,42	0,64	0,13	0,22
Итого	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

<sup>1</sup>Данные по валовому производству и доходу рассчитаны на основе средних значений хозяйств ВО ЛПХ с площадью земельных участков от 0,51 до 10,00 га.

Распределение по СХМП-2021 обладает еще большей правосторонней «скошенностью» по сравнению с выборочным обследованием личных подсобных хозяйств, что приводит к различиям в показателях структуры. Тем не менее на долю мелких хозяйств с площадью земли до 0,1 га и средней посевной площадью 0,036 га приходится не более 8,7% валового производства и 7,5% общего дохода при их удельном весе 18,9% от общего числа хозяйств. Практически 80% валового производства и более 60% дохода, полученного от реализации продукции собственного производства, сконцентрировано в группах с относительно небольшой площадью земли, которая составляет от 0,11 до 0,40 га, что не позволяет предусмотреть введение ценза по большей площади земли.

Таким образом, зарубежный опыт и представленные результаты позволяют сделать заключение о нецелесообразности проведения обследования мелких личных подсобных хозяйств, а также о необходимости введения статистического ценза по площади находящейся в пользовании земли от 0,1 га.

### **Выводы**

При публикации результатов сельскохозяйственных переписей и микропереписей в России публикуется также ряд группировок по общей площади земельный угодий, находящейся в пользовании ЛПХ, общей посевной площади, площади посевов картофеля и овощей. Но характеристика выделенных групп ограничивается лишь числом хозяйств, суммой значений группировочного признака и отношением к общему итогу. При этом программа публикации итогов микропереписи не предусматривает региональный разрез.

В статье на основе обезличенных первичных данных сельскохозяйственной микропереписи приведены результаты анализа специализации, интенсификации и размеров сельскохозяйственной деятельности ЛПХ Республики Татарстан, представляющей регион с развитым сельским хозяйством. С использованием данных выборочного обследования ЛПХ и микропереписи 2021 г. дана оценка стоимости валового производства продукции сельского хозяйства по группам хозяйств, выделенным по земельной площади, и предложено ввести ценз для статистических обследований ЛПХ в размере 0,1 га. В Республике Татарстан группа ЛПХ с земельной площадью до 0,1 га достаточно многочисленна – 18,9% от общего числа хозяйств, но на их долю приходится не более 8,7% стоимости валовой продукции сельского хозяйства и 7,5% общего дохода. Проведение сельскохозяйственных обследований и опыт развитых стран подтверждают необходимость определения цензов и по поголовью сельскохозяйственных животных, что позволит повысить достоверность получаемой информации о развитии ЛПХ как малой формы хозяйствования в сельской местности.

### **Библиографический список**

1. *Зинченко А.П.* Статистика: Учебник для студентов вузов. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2013. – 368 с. EDN: WEABEN.
2. *Зинченко А.П.* Формирование добавленной стоимости сельского хозяйства России в системе национального счетоводства // Известия ТСХА. – 2016. – № 1. – С. 97–107. EDN: VPQVIX.
3. *Зинченко А.П.* Хозяйства населения по итогам всероссийских сельскохозяйственных переписей // Известия ТСХА. – 2019. – № 2. – С. 119–128. DOI: 10.34677/0021-342X-2019-2-119-128. EDN: VZZJSC.
4. Итоги Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2006 года. Т. 3. Земельные ресурсы и их использование / Федеральная служба государственной статистики. – Москва: ИИЦ

- «Статистика России», 2008. – 312 с. – URL: [https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/tab1\\_t3.pdf](https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/tab1_t3.pdf) (дата обращения: 28.08.2023).
5. Итоги Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2006 года. Т. 4. Посевные площади сельскохозяйственных культур и площади многолетних насаждений и ягодных культур. Кн. 2. Структура посевных площадей. Группировки объектов переписи по размеру посевных площадей / Федеральная служба государственной статистики. – Москва: ИИЦ «Статистика России», 2008. – 560 с. – URL: <https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/t4k2.pdf> (дата обращения: 28.08.2023).
6. Итоги Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2016 года. Т. 3. Земельные ресурсы и их использование / Федеральная служба государственной статистики. – Москва: ИИЦ «Статистика России», 2018. – 307 с. – URL: [https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/VSPX\\_2016\\_T\\_3\\_web.pdf](https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/VSPX_2016_T_3_web.pdf) (дата обращения: 28.08.2023).
7. Итоги Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2016 года. Т. 4. Посевные площади сельскохозяйственных культур и площади многолетних насаждений и ягодных культур. Кн. 2. Структура посевных площадей. Группировки объектов переписи по размеру посевных площадей / Федеральная служба государственной статистики. – Москва: ИИЦ «Статистика России», 2018. – 307 с. – URL: [https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Tom4\\_kn2.pdf](https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Tom4_kn2.pdf) (дата обращения: 28.08.2023).
8. Козлов К.А., Уколова А.В. Анализ структурных сдвигов в сельском хозяйстве по материалам сельскохозяйственных переписей // Бухучет в сельском хозяйстве. – 2023. – № 4. – С. 237–244. DOI: 10.33920/sel-11-2304-04. EDN: BWZYFH.
9. Козлов К.А., Уколова А.В. Методический подход к типизации личных подсобных хозяйств // Бухучет в сельском хозяйстве. – 2023. – № 7. – С. 435–446. DOI: 10.33920/sel-11-2307-05.
10. Козлов К.А., Уколова А.В. Подход к представлению данных специализированных статистических наблюдений по личным подсобным хозяйствам // Экономика сельского хозяйства России. – 2023. – № 10. – (Проблемы агроэкономических исследований). – С. 81–92. DOI: 10.32651/2310-81.
11. Основные итоги сельскохозяйственной микропереписи 2021 года: Статистический сборник / Федеральная служба государственной статистики. – Москва: ИИЦ «Статистика России», 2022. – 420 с. – URL: [https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Census\\_agr\\_2021\\_final.pdf](https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Census_agr_2021_final.pdf) (дата обращения: 10.07.2023).
12. Сельское хозяйство в России. 2023: Статистический сборник. – Москва: Росстат, 2023. – 103 с. – URL: [https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Sel\\_hoz-vo\\_2023.pdf](https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Sel_hoz-vo_2023.pdf) (дата обращения: 15.01.2024).
13. Сергеев С.С. Применение статистического метода в аграрно-экономических исследованиях. ВАСХНИЛ «Итоги и перспективы развития сельскохозяйственной науки». – М.: Колос, 1969.
14. Уколова А.В., Ульянов А.Е. Статистический анализ результатов сельскохозяйственной переписи 2017 года по типам ферм США // Экономика сельского хозяйства России. – 2023. – № 1. – (За рубежом). – С. 109–118. – URL: <http://esxr.ru/article/4185> (дата обращения: 18.03.2024). DOI: 10.32651/231-109.
15. Уколова А.В. Типизация сельскохозяйственных предприятий Германии // Доклады ТСХА. – Вып. 291. – Ч. IV. – М.: РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2019. – С. 344–349. EDN: KKTJL.
16. Уколова А.В., Дашиева Б.Ш. Типология личных подсобных хозяйств по данным Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2016 г. // Экономика и управление: проблемы, решения. – 2022. – Т. 2, № 4 (124). – С. 162–172. DOI: 10.36871/ek.up.p.r.2022.04.02.020. EDN: YRPKDV.

17. 2017. Census of Agriculture United States. Summary and State Data. Vol. 1. Geographic Area Series. Part 51 – United States, 2019. – URL: [https://www.nass.usda.gov/Publications/AgCensus/2017/Full\\_Report/Volume\\_1,\\_Chapter\\_1\\_US/usv1.pdf](https://www.nass.usda.gov/Publications/AgCensus/2017/Full_Report/Volume_1,_Chapter_1_US/usv1.pdf) (дата обращения: 10.12.2023).

18. Федеральная служба государственной статистики: Сайт. – Москва, 1999. – URL: <https://rosstat.gov.ru/> (дата обращения: 15.12.2023).

## EVALUATION OF THE SIZE OF THE PRIVATE SUBSIDIARY FARMS BASED ON GROUPINGS BY AREA

A.V. UKOLOVA, K.A. KOZLOV

(Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy)

*The article analyzes the approaches of state statistical bodies to the construction of analytical groupings of private subsidiary farms by the total land area and the total sown area. Analytical groupings published according to the national agricultural censuses, as a rule, represent distribution series, where the characteristics of the selected groups are limited only by the number of farms, the volume of the phenomenon and its ratio to the total. In addition, the program for publishing the results of the agricultural microcensus does not provide for a regional section. In order to improve the quality of the summary, analysis and presentation of the data on private subsidiary farms, it is proposed to revise the intervals for a number of grouping indicators and to significantly expand the set of features characterizing analytical groups. On the basis of depersonalized primary data of the agricultural microcensus, the article shows the possibilities of analyzing the size, specialization and intensification of agricultural production of private subsidiary farms while conducting a complete summary of the signs of the observation program. The trends of decrease in the total number of private subsidiary farms and their land and sown area revealed according to the census data indicate a reduction in the size of agricultural production of the category of households of the population, which makes it possible to raise the question of the expediency of their continuous survey and the introduction of censorship, as it is done in some foreign countries. On the basis of the data of the sample survey of private farms and the microcensus of 2021, an estimation of the value of the gross agricultural production by groups of farms according to the size of the land area was given, and it was proposed to introduce a requirement of 1000 m<sup>2</sup> of land area for the inclusion of private subsidiary farms in the list of respondents of agricultural censuses.*

**Keywords:** private subsidiary farms, land area, analytical grouping, interval distribution series, national agricultural census, agricultural microcensus, sample survey of private subsidiary farms.

### References

1. Zinchenko A.P. *Statistics: textbook for university students, training programs 080100.62 Economics and 080200.62 Management*. Moscow, Russia: Russian State Agrarian University-Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, 2013:368. (In Russ.)
2. Zinchenko A.P. Formation of agriculture added value in the system of Russian national accounting. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy (TAA)*. 2016;1:97–107. (In Russ.)
3. Zinchenko A.P. Private farm enterprises according to the results of All-Russian agricultural censuses. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy (TAA)*. 2019;2:119–128. (In Russ.) <https://doi.org/10.34677/0021-342X-2019-2-119-128>

4. *Results of the All-Russian Agricultural Census of 2006*. Vol. 3. *Land resources and their use*. Moscow, Russia: IITs "Statistics of Russia", 2008:312. (In Russ.) [Electronic source] URL: [https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/tab1\\_t3.pdf](https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/tab1_t3.pdf) (accessed: August 28, 2023)
5. *Results of the All-Russian Agricultural Census of 2006*. Vol. 4. *Sown areas of agricultural crops and areas of perennial plantations and berry crops*. Book 2. *Structure of acreage. Groupings of census objects by the size of the acreage*. Moscow, Russia: IITs "Statistics of Russia", 2008:560. (In Russ.) [Electronic source] URL: <https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/t4k2.pdf> (accessed: August 28, 2023)
6. *Results of the All-Russian Agricultural Census of 2006*. Vol. 3. *Land resources and their use*. Moscow, Russia: IITs "Statistics of Russia", 2008:307. (In Russ.) [Electronic source] URL: [https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/VSXP\\_2016\\_T\\_3\\_web.pdf](https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/VSXP_2016_T_3_web.pdf) (accessed: August 28, 2023)
7. *Results of the All-Russian Agricultural Census of 2006*. Vol. 4. *Sown areas of agricultural crops and areas of perennial plantations and berry crops*. Book 2. *Structure of acreage. Groupings of census objects by the size of the acreage*. Moscow, Russia: IITs "Statistics of Russia", 2008:560. (In Russ.) [Electronic source] URL: [https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Tom4\\_kn2.pdf](https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Tom4_kn2.pdf) (accessed: August 28, 2023)
8. Kozlov K.A., Ukolova A.V. Analysis of structural shifts in agriculture based on the materials of agricultural censuses. *Accounting in Agriculture*. 2023;4:237–244. (In Russ.) <https://doi.org/10.33920/sel-11-2304-04>
9. Kozlov K.A., Ukolova A.V. Methodical approach to the typification of personal subsidiary farms. *Accounting in agriculture*. 2023;7:435–446. (In Russ.) <https://doi.org/10.33920/sel-11-2307-05>
10. Kozlov K.A., Ukolova A.V. Approach to the presentation of data from specialized statistical observations on personal subsidiary farms. *Ekonomika sel'skogo khozyaystva Rossii*. 2023;10:81–92. (In Russ.) <https://doi.org/10.32651/2310-81>
11. *Main results of the agricultural micro-census of 2021: statistics digest*. Moscow, Russia: IITs "Statistics of Russia", 2022:420. (In Russ.) [Electronic source] URL: [https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Census\\_agr\\_2021\\_final.pdf](https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Census_agr_2021_final.pdf) (accessed: October 07, 2023)
12. *Agriculture in Russia. 2023: statistics digest*. Moscow, Russia: Rosstat, 2023:103. (In Russ.) [Electronic source] URL: [https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Sel\\_xoz-vo\\_2023.pdf](https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Sel_xoz-vo_2023.pdf) (accessed: January 15, 2024)
13. Sergeev S.S. Application of the statistical method in agricultural and economic research. In: *Results and prospects for the development of agricultural science in the USSR*. Ed. by I.I. Sinyagin. Moscow, USSR: "Kolos", 1969. (In Russ.)
14. Ukolova A.V., Uliankin A.E. Statistical analysis of the results of the 2017 agricultural census by types of farms in the USA. *Ekonomika sel'skogo khozyaystva Rossii*. 2023;1:109–118. (In Russ.) <https://doi.org/10.32651/231-109>
15. Ukolova A.V. Typification of agricultural enterprises in Germany. *Mezhdunarodnaya nauchnaya konferentsiya, posvyashchennaya 175-letiyu K.A. Timiryazeva, Moscow, December 06–08, 2018*. In: *Doklady TSKhA*. Moscow, Russia: Russian State Agrarian University-Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, 2019:291(4):344–349. (In Russ.)
16. Ukolova A.V., Dashieva B.Sh. Typology of subsidiary farms according to the 2016 All-Russian agricultural census. *Ekonomika i upravlenie: problemy, resheniya*. 2022;2(4(124)):162–172. (In Russ.) <https://doi.org/10.36871/ek.up.p.r.2022.04.02.020>
17. *2017 Census of Agriculture United States. Summary and State Data*. Volume 1. *Geographic Area Series*. United States: 2019;51. [Electronic source] URL: <https://www.nass.gov>

usda.gov/Publications/AgCensus/2017/Full\_Report/Volume\_1,\_Chapter\_1\_US/usv1.pdf (accessed: October 12, 2023)

18. Federal State Statistics Service: website. Moscow, 1999. (In Russ.) [Electronic source] URL: <https://rosstat.gov.ru> (accessed: December 15, 2023)

### **Сведения об авторах**

**Уколова Анна Владимировна**, доцент, и.о. заведующего кафедрой статистики и кибернетики, канд. экон. наук, доцент, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: [statmsha@rgau-msha.ru](mailto:statmsha@rgau-msha.ru); тел.: (499) 976–12–53

**Козлов Кирилл Александрович**, ассистент кафедры статистики и кибернетики, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: [kozlov.kirill@rgau-msha.ru](mailto:kozlov.kirill@rgau-msha.ru); тел.: (499) 976–12–53

### **Information about the authors**

**Anna V. Ukolova**, CSc (Econ), Associate Professor, Acting Head of the Department of Statistics and Cybernetics, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation; phone: (499) 976–12–53; e-mail: [statmsha@rgau-msha.ru](mailto:statmsha@rgau-msha.ru))

**Kirill A. Kozlov**, Assistant at the Department of Statistics and Cybernetics, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation; phone: (499) 976–12–53; e-mail: [kozlov.kirill@rgau-msha.ru](mailto:kozlov.kirill@rgau-msha.ru))

## ОЦЕНКА ИНВЕСТИЦИОННОЙ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТИ КОМПАНИЙ АПК НА ОСНОВЕ ESG-ФАКТОРОВ

Л.И. ХОРУЖИЙ, Н.А. ТРЯСЦИН, М.К. ДЖИКИЯ, Н.Ю. ТРЯСЦИНА

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

*В современных условиях курс на устойчивое развитие агропромышленного комплекса (АПК) рассматривается руководством страны как в контексте решения глобальных социально-экономических задач (в том числе улучшения демографической ситуации), так и в соответствии с логикой защиты государственного суверенитета. Принятию новых федеральных инициатив по поддержке отрасли в ближайшей перспективе способствуют концентрация вектора на импортозамещение в сфере АПК и наращивание агроэкспорта. Однако обеспечение реализации стратегически важных задач, поставленных перед организациями АПК, невозможно без привлечения требуемого объема инвестиций. В условиях санкционного давления возможным является снижение активности инвесторов. Поэтому агрокомпаниям необходима разработка методического подхода к оценке привлекательности инвестиций, применение которого позволит получить объективное представление о текущем уровне и принять адекватные управленческие решения. Дальнейшие исследования в направлении совершенствования методики в оценке привлекательности инвестиций организаций АПК являются актуальными и направлены на активизацию инвестиционной деятельности отрасли. Научная новизна исследований заключается в разработке методических подходов к формированию системы нефинансовых индикаторов в разрезе двух элементов: рыночного окружения и ESG-факторов для оценки инвестиционной привлекательности агрокомпаний. В процессе исследований получены следующие результаты: систематизированы подходы к оценке привлекательности; предложены блоки методики в оценке привлекательности инвестиций организаций АПК на основе ESG-факторов; сформирована система показателей в оценке выполнения задач устойчивого развития организаций АПК и рыночного окружения; предлагаемая методика апробирована в ПАО «Группа Черкизово».*

**Ключевые слова:** инвестиционная привлекательность, ESG-факторы, оценка, индикаторы, агропромышленный комплекс, компания.

### Введение

Изучению различных аспектов инвестиционной привлекательности (ИП) посвящено большое количество работ как отечественных, так и зарубежных авторов. Так, теория и методология ИП получили развитие в работах таких зарубежных авторов, как Д. Аргенти, Д. Дюран, Р.К. Мертон и др. Методологические вопросы эффективности и финансового обеспечения инвестиций отражены в работах И.А. Бланка, В.В. Бочарова, Н.А. Казаковой, А.И. Ковалева, В.В. Коссова, И.В. Липсица, Р.С. Сайфулина, А.Д. Шеремета и др. [8, 13, 15].

Факторы устойчивого развития в инвестиционной деятельности организаций исследуют Е.А. Говорина, О.В. Ефимова, А.А. Лишук, Л.В. Донцова, Е.В. Морозова, И.А. Мальсагов, М. Крамер, Е.Ф. Шамаева и др.

Методические подходы к оценке привлекательности инвестиций организаций различных сфер экономики разрабатывают О.Н. Афанасьев, В.М. Власова, Д.А. Ендовицкий, И.В. Журавкова, М.Г. Егорова, Э.И. Крылов, В.Н. Лившиц, В.Е. Соболева и др. [6, 7]. Однако в работах указанных авторов не рассматриваются методические и практические вопросы оценки ESG-факторов на ИП организаций сферы АПК.

Цель исследований: разработка методических подходов и практических рекомендаций по оценке ИП организаций АПК на основе ESG-факторов.

Для достижения цели исследований выполнялись следующие задачи:

- обобщение методических подходов к оценке ИП хозяйствующих субъектов в АПК;
- предложение системы показателей оценки ИП на основе рыночных характеристик организации;
- предложение системы ESG-показателей для оценки привлекательности инвестиций организаций АПК;
- разработка системы показателей и шкалы оценки нефинансовой составляющей ИП организации АПК;
- осуществление апробации предложенной методики в ПАО «Группа Черкизово».

### **Материал и методы исследований**

В процессе исследований использованы такие методы, как анализ, синтез, обобщение, абстрактно-логический, монографический, метод экспертных оценок, балльный, горизонтальный и вертикальный анализ, ранговое рейтингование, корреляционный анализ, матрично-диагностический анализ, системный подход, детерминированный факторный анализ.

Информационно-эмпирическую базу исследований составили законодательные нормы и стандарты хозяйствующих субъектов в области нефинансовой отчетности, программные документы по развитию АПК РФ, официальные данные федеральной службы государственной статистики, финансовая и нефинансовая отчетность ПАО «Группа Черкизово» за 2021–2023 гг.

### **Результаты и их обсуждение**

Инвестиции играют огромную роль в экономике, являясь механизмом ее развития. Инвестиции в АПК – это вложение в продовольственную безопасность страны и всех ее граждан. АПК не только обеспечивает потребности населения в продуктах питания [1], но и оказывает влияние на количество рабочих мест в стране и эффективность национального производства.

Спрос населения в мире на качественные, экологически чистые продукты питания с каждым годом возрастает, что способствует привлекательности отрасли. В настоящий момент каждая пятая партия пшеницы в мире – из России. Однако для устойчивого развития АПК необходимо снижение зависимости от импортной техники, генетики, технологии, запчастей, кормов, семенного и посадочного материала, программного обеспечения и других составляющих. Высокая эффективность сельскохозяйственного производства и переработки продукции может быть получена за счет инвестиций.

В стране уже достигнуты высокие показатели самообеспеченности по многим продуктам. В 2022 г. установленные индикаторы Доктрины продовольственной безопасности [1] практически были достигнуты и даже перевыполнены по таким статьям, как зерно, мясо, рыба [16].

В конце XX и начале XXI вв. в нашу страну ввозилось 70% мяса птицы, а в настоящее время предложение отечественных производителей превышает спрос. Масличная и сахарная отрасли также не могли полностью обеспечить внутренние потребности, но теперь проблема заключается уже не в насыщении рынка, а в перепроизводстве сырья, необходимости модернизации и технического перевооружении перерабатывающих заводов.

Будущее АПК зависит от того, насколько быстро произойдет импортозамещение высокопроизводительных технологий, сельскохозяйственных машин и оборудования.

Большие проблемы с импортозамещением наблюдаются до сих пор в животноводстве, которое на 90% является зависимым от поставок машин и оборудования

из-за рубежа. Технологические риски, вызванные отставанием по уровню технологического развития производственной базы, отмечены в качестве главной угрозы снижения производственного потенциала АПК в «Стратегии развития агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов до 2030 года» [2].

Для разработки и освоения новых технологий требуются длительный период времени и огромные ресурсы. С другой стороны, отечественный АПК является одним из наиболее поддерживаемых государством и приоритетных отраслей экономики. Об этом свидетельствует тот факт, что финансирование из госбюджета на 2024 г. составит 558,6 млрд руб. Это на 28% больше, чем было заложено в федеральный бюджет редакции 2022 г. Поэтому динамика инвестиций в РФ и АПК показывает устойчивый рост (табл. 1).

Динамика инвестиций в основной капитал как в целом по стране, так и по отраслям АПК, является положительной. В сельском хозяйстве объем инвестиций возрос в 2 раза в 2022 г. по сравнению с 2015 г., по сравнению с прошлым годом увеличился на 18%, что обусловлено благоприятной ценовой конъюнктурой на мировых агрорынках, экспортным спросом и государственной поддержкой. Рентабельность во многих секторах АПК остается высокой, что привлекает инвесторов. К числу наиболее рентабельных отраслей относится выращивание масличных культур (34%), сахарной свеклы (44%), семечковых и косточковых культур (43%), риса (61%), овощей закрытого грунта (66%).

Для дальнейшего роста объема и эффективности инвестиций необходимо обеспечение высокой инвестиционной привлекательности агробизнеса. Следовательно, необходима объективная методика оценки ИП организаций АПК, учитывающая ключевые факторы развития и особенности отрасли. Приоритеты импортозамещения и обеспечения продовольственной безопасности не теряют своей актуальности. В рассматриваемом периоде (2015–2022 гг.) инвестиции в разные сектора АПК показывали в целом устойчивый рост. Это было связано с благоприятной ценовой конъюнктурой на мировых агрорынках, высоким экспортным спросом, а также с государственной поддержкой комплекса.

Таблица 1

**Динамика инвестиций в основной капитал в РФ и в отрасли АПК  
(составлено авторами по [15])**

Показатели	Годы							
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Всего в РФ, в том числе	13897	14749	16027	17782	19329	20394	23239	28414
сельское, лесное хозяйство, охота и рыболовство, в том числе	518,8	623,4	705,5	781,5	844,2	865,1	962,0	1114,7
растениеводство и животноводство, охота	483,6	582,6	651,4	707,3	750,4	747,5	826,5	973,0
лесоводство и лесозаготовки	20,8	20,7	25,4	37,4	48,8	46,5	56,9	53,8
рыболовство и рыбоводство	14,4	20,1	28,7	36,8	45,0	71,1	78,6	87,9
производство пищевых продуктов	199,8	193	237,1	260	279,8	324,7	373,9	380,6
производство напитков	34,3	34,9	36,5	44,9	39,4	41,9	53,9	45,7

В числе инвестиционных трендов в АПК можно выделить:

- инвестиции в импортозамещение средств производства;
- вложение средств в отрасли и проекты с экспортным потенциалом (в 2023 г. инвестиции в экспортоориентированные проекты превысили 1 трлн руб.);
- инвестирование в подотрасли АПК, где не превышены индикаторы Доктрины безопасности (молочная, плодово-ягодная, овощная отрасли);
- инвестиции в развитие производства органических продуктов (продовольствие, лекарственные травы);
- инвестиции в цифровизацию – один из главных направлений отрасли (продажи технологий в АПК составляют до 400 млрд руб. в год, а уровень цифровизации – 21–24%).

Курс на рост инвестиционной активности в приоритетном секторе экономике – АПК – обуславливает необходимость повышения качества информированности инвесторов о деятельности хозяйствующих субъектах в сфере АПК. Ключевые и гипотетические владельцы капиталов нуждаются в хорошей информированности для вложений своих ресурсов в агрофирмы.

Объем привлекаемых инвестиций тесно коррелируется с ИП субъекта хозяйствования. Отсюда актуальным становится вопрос анализа и оценки привлекательности для инвесторов организаций АПК.

Объемы инвестиций в основной капитал предприятия АПК зависят от многих факторов [7]. Важнейшим вектором развития современной мировой экономики является концепция ESG, в рамках которой многие страны создают специальные программы и реализуют адаптационные механизмы. Следовательно, хозяйствующие субъекты в АПК должны учитывать факторы ESG в процессе стратегического планирования, в том числе при разработке инвестиционной стратегии. Это важно как для внутрифирменного развития, так и для экспортоориентированных компаний, так как государством поставлена задача по увеличению экспорта продукции АПК [3].

Доля выбросов парниковых газов в сельском хозяйстве нашей страны от общих выбросов по территории России является незначительной (6%). Но в долгосрочной перспективе необходимо обеспечить соответствие ESG-требованиям, чтобы избежать рисков введения барьеров для продукции, не соответствующей им [12].

ESG-подход как направление современности становится неотъемлемой частью успешного агробизнеса [4]. Первый ESG-рейтинг сектора АПК среди регионов сформирован Россельхозбанком [17].

Итоги «Рейтинга соответствия российских компаний АПК критериям ESG» приведены в таблице 2 [17].

Как следует из данных таблицы 2, в лидеры компаний АПК, придерживающихся принципов ESG, входят ГК Русагро, АПИХ Мираторг и Каргилл.

ИП-предприятие является совокупностью характеристик его потенциала и рыночного окружения, определяющей целесообразность инвестирования средств в развитие этого хозяйствующего субъекта [6].

В настоящее время повышается теоретический и практический интерес к выявлению и анализу факторов, которые формируют инвестиционную привлекательность компании [13]. Большинство компаний испытывают недостаток финансовых ресурсов, которые можно направить на развитие деятельности.

Анализ источников литературы показал, что на текущий момент нет единой методики анализа инвестиционной привлекательности [7, 8]. Классификация методических подходов к оценке инвестиционной привлекательности организаций составлена на основе изучения научных трудов отечественных и зарубежных авторов (рис. 1).

### Рейтинг соответствия российских крупных организаций АПК критериям ESG (составлено авторами по [17])

Компания АПК	База	Оценка стабильности	Экспорт	Патенты	Отзывы	СМИ	Итого
ГК Русагро	100	-2,4	0,7	0	3	7,5	108,8
АПХ Мираторг	93,8	6,9	0,0001	0,29	-4	9,99	107,2
Каргилл	83,9	-0,8	10	0	3	7,5	103,6



**Рис. 1.** Классификация методических подходов к оценке ИП-организаций (составлено авторами по [5–8, 13])

Рыночный подход основан на оценке и анализе внешней информации о компании (на базе итогов торгов на рынке ценных бумаг). Бухгалтерский подход основан на анализе внутренней информации по данным финансовой отчетности и включает в себя в основном показатели ФСП. Комбинированный подход учитывает внешние и внутренние факторы, влияющие на уровень ИП-предприятия. Стоимостной подход основан на оценке добавленной стоимости предприятия и тенденции ее максимизации. Методика оценки ИП на основании риска и доходности строится по определению принадлежности предприятия категории инвестиционного риска на основе расчета модели САМР, коэффициентов вариации, Трейнора и др. Данные подходы делают акцент в основном на финансовой составляющей ИП, не учитывая современные направления, в том числе курс на устойчивое развитие [11]. Мы согласны с мнением авторов в том, что помимо источников информации о финансовой деятельности, следует также ориентироваться на данные нефинансовые для выявления полной картины с целью принятия решений об инвестировании [9, 10].

Один из приоритетных критериев анализа ИП-компаний – это рейтинг ESG (рис. 2).

Рассмотрим, как нефинансовые факторы влияют на финансово-хозяйственную деятельность. С помощью экологических факторов можно измерить воздействие функционирования агропредприятия на окружающую среду при помощи контроля и мониторинга за уровнем использования энергии, переработки отходов материалов и других критериев, которые влияют на возможное наступление угроз и рисков экологической безопасности хозяйствующего субъекта.

Социальные факторы способствуют оценке влияния финансово-хозяйственной деятельности организации АПК на стейкхолдеров.

Управленческие факторы напрямую связаны с организационной структурой управления агропредприятия, системой внутреннего контроля и подчиненности, роли собрания акционеров, степени независимости совета директоров и топ-менеджмента и т.п. [14]. ESG-критерий следует использовать стейкхолдерам для анализа и оценки обоснования финансирования инвестпроектов.

По итогам проведенного анализа существующих методик можно отметить, что ввиду отсутствия единой системы оценки инвестиционной привлекательности не все значимые факторы включаются в систему оценки, и это может привести к недостоверной информационной базе принятия инвестиционных решений. Стоит из имеющейся методической информации и особенностей компании адаптировать и усовершенствовать методику оценки ИП-компаний.

Методики оценки на микроуровне привлекательности инвестиций [9, 10, 13–15] не являются одинаковыми и используют специфичные критерии, но общим является контекст оценки финансовой и нефинансовой составляющей ИП. Поэтому предлагаемая методика оценки включает в себя два блока: 1. Оценка нефинансовых характеристик ИП; 2. Оценка финансовой составляющей ИП.

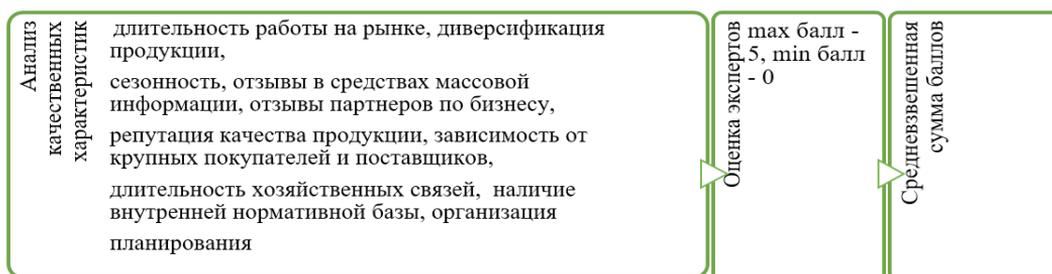
Поскольку оценка финансового состояния достаточно широко освещена в источниках [6, 13], рассмотрим только контекст нефинансовой составляющей ИП. В ней предлагаем выделить 2 этапа: 1) оценка рыночных факторов; 2) оценка ESG-факторов. В рамках выделенных блоков проводится анализ и оценивается ИП на основе качественных факторов, влияющих на агроорганизацию.

Применим данную методику для комплексной оценки ИП-организации АПК – ПАО «Группа Черкизово». Первый этап заключается в проведении анализа качественных характеристик организации и ее положения на рынке (рис. 3).

В рамках первого блока оценим ИП на основе рыночных качественных характеристик организации (табл. 3). Состав и вес факторов были определены с помощью экспертного способа. В качестве экспертов выступали ведущие специалисты ПАО «Группа Черкизово», ученые РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, маркетологи и аудиторы. В таблице 3 (графа 3) представлена средняя оценка по 8 экспертам.



**Рис. 2.** Критерий ESG (составлено авторами)



**Рис. 3.** Первый этап оценки ИП по рыночным факторам (составлено авторами)

**Оценка ПАО «Группа Черкизово» на основе рыночных характеристик  
(расчеты авторов)**

Наименование фактора	Критерии оценки	Оценоч. балл	Вес фактора	Сумма баллов
Длительность работы на рынке	Более 5 лет	5	0,05	0,25
Диверсификация продукции	Широкий ассортимент, различное направление сбыта, на внутреннем рынке, доля экспорта (10–15%), уникальность продукции	5	0,1	0,5
Степень вертикальной интеграции	Активно выстраивает вертикально интегрированную бизнес-модель замкнутого цикла	5	0,1	0,5
Условия государственного регулирования деятельности	Участие в гос. программе развития сельского хозяйства и регулирования рынков с.-х. продукции, сырья и продовольствия, в программе льготного кредитования системообразующих предприятий АПК, в специальных инвестиционных контрактах и пр.	5	0,05	0,25
Отзывы бизнес-партнеров	В основном положительные	4	0,05	0,2
Рейтинг кредитоспособности «Эксперт РА»	ruAA+ (высокий)	4	0,1	0,4
Репутация качества продукции	Положительная (наличие сертификатов качества, ГОСТов, медалей)	5	0,1	0,5
Зависимость от крупных покупателей и поставщиков	Высокая диверсификация выручки, отсутствует	5	0,1	0,5
Устойчивость хозяйственных связей с покупателями	Большая часть связей поддерживается с постоянными покупателями (более 5 лет)	4	0,05	0,2
Устойчивость связей с поставщиками	Большая часть связей поддерживается с постоянными поставщиками (более 5 лет)	4	0,05	0,2
Портфель узнаваемых брендов	Уникальность и узнаваемость брендов продукции	5	0,05	0,25
Условия использования земельных ресурсов	Целевое использование земельного фонда, право пользование землей, соотношение кадастровой и рыночной стоимости земельных участков	5	0,1	0,5
Нормативная база компании, организация планирования	Наличие внутренней нормативной базы, документов, приказов с высокой степенью детализации для принятия решений; наличие оперативного, стратегического бизнес-планов	4	0,1	0,4
Итого: сумма баллов				<b>4,4</b>
Максимальная сумма баллов				5

Средневзвешенная сумма баллов составила 4,4, отклонение от максимальной величины (5 баллов) – только 12%, поэтому на данном этапе оценку ПАО «Группа Черкизово» можно считать высокой.

Поскольку сегодня соблюдение принципов ESG является новым стандартом бизнеса, оценим ответственность в решении экологических и социальных вопросов ПАО «Группа Черкизово» (табл. 4). Пока ESG-инвестирование носит рекомендательный характер, но все большее число крупных инвесторов обращает внимание на данный аспект при формировании инвестиционных портфелей.

Предлагаемый вариант оценочной шкалы инвестиционной привлекательности на основе ESG-факторов представлен в таблице 5.

Поскольку сумма баллов ПАО «Черкизово» составила 32, то в соответствии со шкалой (табл. 5) уровень инвестиционной привлекательности оценивается на 4 («Хорошо»).

Таблица 4

**Оценка ESG-факторов ПАО «Группа Черкизово»  
(расчеты авторов по [17, 18])**

Показатели	2020 г.	2021 г.	2022 г.	Балл
<b>Экологические факторы (E)</b>				
1. Объем инвестиций в охрану окружающей среды, млн руб.	369,2	284,3	372,9	1
2. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух, т, всего	3 837,4	4 684,0	5 357,4	0
3. Общее потребление закупленной электроэнергии, тыс. кВт·ч	608 474	580 001	686 606	1
4. Потребление транспортом дизельного топлива, тыс. л	32 320	41 001	42 473	0
5. Прямые выбросы парниковых газов, Т CO <sub>2</sub> -экв., в том числе	1 762 610	1 859 095	1 641 907	–
Животноводство	619 693	602 154	651 044	0,5
Растениеводство	330 203	411 197	387 394	0,5
Поглощение парниковых газов в результате процессов севооборотов	–17 312	–31 949	–41 435	1
6. Образованные отходы компании, т	369 786,5	234 622,8	159 433,0	2
7. Процент V и IV классов опасности	97,8	97,1	98,3	1
8. Общий водозабор, тыс. куб. м	18 176,61	17 528,41	18 767,44	1
9. Общий сброс воды, тыс. куб. м	10 200,69	10 566,85	11 311,98	0
10. Общая сумма денежных штрафов за несоблюдение экологического законодательства, тыс. руб.	1 535,91	3 542,0	1 529,0	1
<b>Итого</b>				<b>9</b>

Показатели	2020 г.	2021 г.	2022 г.	Балл
Социальные факторы (S)				
1. Среднесписочная численность персонала, чел.	31 075	30 947	34 619	1
2. Средняя заработная плата, тыс. руб.	56,11	58,7	62,0	2
3. Соотношение базовой заработной платы женщин и мужчин	0,93	0,93	1,0	2
4. Текучесть кадров, %	21	36	35,6	0
5. Коэффициент частоты травм с временной потерей трудоспособности	0,74	0,95	0,76	1
6. Общий коэффициент травматизма со смертельным исходом	3,72	1,78	0	2
7. Объемы инвестиций в охрану труда и промышленную безопасность, млн руб.	907,3	1107,1	1072,9	2
Итого				10
Факторы корпоративного управления (G)				
1. Налоговые и внебюджетные платежи Группы в регионах присутствия, млрд руб.	11,6	11,8	12,7	2
2. Количество рассмотренных заявок от жителей по новым проектам, ед.	207	288	418	2
3. Инвестиции в развитие регионов присутствия (благоприятность, социальная поддержка, спорт, инфраструктура), тыс. руб.	30 057	52 587	69 575	2
4. Доля независимых членов Совета директоров, %	58	59	57	1
5. Количество подтвержденных случаев коррупции	0	0	0	2
6. Наличие внутренних документов в области системы управления рисками и внутреннего контроля (политика СУРиВК)	да	да	да	2
7. Членство в ассоциациях	5	6	8	2
Итого				13
Итого (E+S+G)				<b>32</b>
% от максимально возможной суммы баллов				<b>66,7</b>

Результат оценки ИП по нефинансовой составляющей предлагаем проводить на основе интегрального показателя, учитывающего весовой коэффициент каждой составляющей ИП. Расчет интегрального показателя приведен в таблице 5. Как следует из данных таблицы, итоговая комплексная оценка ПАО «Группа Черкизово» составила 4 балла (табл. 5).

Таким образом, результат оценки ПАО «Группа Черкизово» на основе рыночных характеристик и ESG-факторов составил 4,2 балла, то есть 84% от максимально возможного, что свидетельствует о ее достаточно высоком уровне.

Таблица 5

### Шкала оценки уровня ИП-организации на основе ESG-факторов (составлено авторами)

Критерии оценки	Баллы оценки инвестиционной привлекательности				
	1	2	3	4	5
Процентное отношение суммы фактически набранных баллов к максимально возможной сумме, %	0–19	20–39	40–59	60–79	80–100

Таблица 5

### Оценки ПАО «Группа Черкизово» на основе ESG-факторов и рыночных характеристик (расчеты авторов)

Подблоки оценки	Значение, балл	Весовой коэффициент	Значение с учетом веса
Рыночные характеристики	4,4	0,5	2,2
ESG-факторы	4,0	0,5	2
Итого	-	1	<b>4,2</b>

### Выводы

Оценка ИП позволяет выявить возможности агрокомпании в привлечении поставщиков капитала в противостоянии внешним вызовам, поскольку активизация инвестиционной деятельности помогает хозяйствующим субъектам поддерживать конкурентоспособность и чувствовать себя в относительно большей безопасности при изменяющейся рыночной конъюнктуре.

Предлагаемая методика оценки ИП на основе ESG-факторов позволяет инвесторам получать объективную информацию о деятельности агрокомпании в области устойчивого развития.

Комплексная оценка ПАО «Черкизово» показала, что компания обладает необходимыми качественными и количественными характеристиками, стимулирующими инвестора вкладывать средства в развитие. Следует отметить позитивную динамику анализируемых индикаторов. Внедряя принципы ESG, ПАО «Группа Черкизово» сможет улучшить показатели и стать первым в отрасли.

## Библиографический список

1. Доктрина продовольственной безопасности РФ: утв. Указом Президента РФ от 21 января 2020 г. № 20 // Гарант. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.garant.ru/> (дата обращения: 20.02.2024).
2. Стратегия развития агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов до 2030 года: утв. Распоряжением Правительства РФ от 8 сентября 2022 г. № 2567-р // Гарант. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.garant.ru/> (дата обращения: 20.02.2024).
3. Стратегия социально-экономического развития России с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года: утв. Распоряжением Правительства РФ от 29.10.2021 г. № 3052-р // Гарант. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.garant.ru/> (дата обращения: 20.02.2024).
4. Методических рекомендации по подготовке отчетности об устойчивом развитии: утв. Приказом Минэкономразвития России от 01.11.2023 г. № 764. – Режим доступа: [https://www.economy.gov.ru/material/file/70c9039795779d4b5b55c3fb8066afd3/764\\_2023-11-01.pdf?ysclid=lu79kv5uei901663042](https://www.economy.gov.ru/material/file/70c9039795779d4b5b55c3fb8066afd3/764_2023-11-01.pdf?ysclid=lu79kv5uei901663042) (дата обращения: 21.02.2024).
5. Демина И.Д., Домбровская Е.Н. Система показателей нефинансовой отчетности для оценки инвестиционной привлекательности компаний // Аудиторские ведомости. – 2015. – № 9. – С. 55–68.
6. Ендовицкий Д.А., Соболева В.Е. Экономический анализ слияний/поглощений компаний: Монография. – М.: КноРус, 2020. – 438 с.
7. Королева М.С., Селезнева А.В. Методы анализа и оценки внешней среды предприятия // Тенденции развития науки и образования. – 2022. – № 85 (6). – С. 138–140.
8. Макеенко М.В., Чистякова Т.С. Критический анализ методов оценки инвестиционной привлекательности предприятия // Экономика и управление. – СПб.: Изд-во Санкт-Петербургского государственного экономического университета, 2018. – С. 94–101.
9. Лабынцев Н.Т., Архипенко Н.Ю. Корпоративная отчетность как инструмент влияния на инвестиционную привлекательность бизнеса // Вестник ИПБ (Вестник профессиональных бухгалтеров). – 2018. – № 2. – С. 28–36.
10. Сафронов С.Б. ESG факторы – риски и возможности // Современные технологии управления. – 2022. – № 1 (97). – С. 26–29.
11. Trukhachev V.I., Khoruzhy L.I., Tryastsina N.Y. Accounting and Analytical Support in Integrated Reporting // Innovation, Technology and Knowledge Management, 2023. – Pp. 275–282.
12. Трясцина Н.Ю., Джикия М.К., Шутова С.В. Аналитические инструменты в обеспечении стратегии низкоуглеродного развития организаций АПК // Бухучет в сельском хозяйстве. – 2023. – № 12. – С. 722–732.
13. Трясцина Н.Ю., Джикия М.К., Чернышев А.С. Формирование информации в интегрированной отчетности для оценки инвестиционной привлекательности с учетом ESG-принципов // Бухучет в сельском хозяйстве. – 2023. – № 4. – С. 245–255.
14. Хоружий Л.И., Трясцина Н.Ю., Джикия М.К., Трясцин Н.А. Аналитические инструменты управления устойчивым развитием в молочном скотоводстве // Бухучет в сельском хозяйстве. – 2023. – № 9. – С. 550–559.
15. Шальнева М.С., Шкляева В.С. Индекс WIG-ESG как инструмент оценки инвестиционной привлекательности корпораций // Финансы. – 2022. – № 12. – С. 37–42.
16. Федеральная служба государственной статистики Российской Федерации. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/> (дата обращения: 26.02.2024).

17. Рейтинг соответствия российских компаний АПК критериям ESG / Институт стратегических коммуникаций и социальных проектов. – [Электронный ресурс]. – URL: <http://instratcom.ru/rejting-sootvetstviya-rossijskih-kompanij-apk-kriteriyam-esg/> (дата обращения: 26.02.2024).

18. Финансовая отчетность ПАО «Группа Черкизово». – URL: <https://www.tinkoff.ru/business/contractor/legal/1057748318473/financial-statements/> (дата обращения: 26.02.2024).

## ASSESSMENT OF INVESTMENT ATTRACTIVENESS OF AGRICULTURAL COMPANIES ON THE BASIS OF ESG FACTORS

L.I. KHORUZHY, N.A. TRYASTSIN, M.K. DZHIKIYA, N.YU. TRYASTSINA

(Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy)

*In modern conditions, the course of sustainable development of the agro-industrial complex (AIC) is considered by the country's leadership both in the context of solving global socio-economic problems (including improving the demographic situation) and in the logic of protecting state sovereignty. The adoption of new federal initiatives to support the industry in the near future is facilitated by the vector's focus on import substitution in the agricultural sector and increasing agricultural exports. However, it is impossible to ensure the implementation of strategically important tasks of agricultural companies without attracting the required amount of investment. Under conditions of sanctions pressure the activity of investors may decrease. Therefore, agricultural companies need to develop a methodological approach to assessing the investment attractiveness, the use of which will allow them to get an objective picture of the current level and make appropriate management decisions. Further research to improve the methodology for assessing the investment attractiveness of agricultural companies is relevant and aimed at enhancing the investment activity in the sector. The scientific novelty of the research lies in the development of methodological approaches to the formation of a system of non-financial indicators in the context of two elements: the market environment and ESG factors for assessing the investment attractiveness of agricultural companies. The results of the research are as follows: the approaches to assessing the attractiveness have been systematized; the blocks of the methodology for assessing the investment attractiveness of agricultural companies on the basis of ESG factors have been proposed; the system of indicators for assessing the implementation of sustainable development objectives of agricultural companies and indicators for assessing the market environment has been formed; the proposed methodology has been tested at PJSC Cherkizovo Group.*

**Keywords:** investment attractiveness, ESG factors, assessment, indicators, agro-industrial complex, company.

### References

1. *About approval of the Doctrine of food security of the Russian Federation:* Presidential decree of the Russian Federation of January 21, 2020 No. 20. Garant. (In Russ.) [Electronic source] URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/73338425/> (accessed: February 20, 2024)

2. *Strategy for the development of agro-industrial and fishery complexes up to 2030.* Approved by the Order of the Government of the Russian Federation dated 08.09.2022) No. 2567-r. Garant. (In Russ.) [Electronic source] URL: <https://www.garant.ru/> (accessed: February 20, 2024)

3. *Strategy of socio-economic development of Russia with low greenhouse gas emissions until 2050*. Approved by the Order of the Government of the Russian Federation N3052-r dated 29.10.2021. Garant. (In Russ.) [Electronic source] URL: <https://www.garant.ru/> (accessed: February 20, 2024)

4. *On approval of methodological recommendations for the preparation of sustainable development reporting*: Order of the Ministry of Economic Development of Russia No. 764 of November 11, 2023. (In Russ.) [Electronic source] URL: [https://www.economy.gov.ru/material/file/70c9039795779d4b5b55c3fb8066afd3/764\\_2023-11-01.pdf?ysclid=lu79kv5uei901663042](https://www.economy.gov.ru/material/file/70c9039795779d4b5b55c3fb8066afd3/764_2023-11-01.pdf?ysclid=lu79kv5uei901663042) (accessed: February 21, 2024)

5. Demina I.D., Dombrovskaya E.N. System of non-financial reporting indicators for assessing the investment attractiveness of companies. *Auditorskie vedomosti*. 2015;9:55–68. (In Russ.)

6. Endovitskiy D.A., Soboleva V.E. *Economic analysis of mergers/acquisitions of companies*: a monograph. Moscow, Russia: KnoRus, 2020:438. (In Russ.)

7. Koroleva M.S., Selezneva A.V. Methods of analysing and evaluating the external environment of an enterprise. *Tendentsii razvitiya nauki i obrazovaniya*. 2022;85(6):138–140. (In Russ.)

8. Makeenko M.V., Chistyakova T.S. Critical analysis of methods for assessing the investment attractiveness of an enterprise. In: *Economics and management: Proceedings of scientific works. Ed. by A.E. Karlik. Volume Part I*. St. Petersburg, Russia: Saint Petersburg State University of Economics, 2018:94–101. (In Russ.)

9. Labyntsev N.T., Archipenko N.Yu. Corporate reporting as an instrument of influence on the business investment attractiveness. *Vestnik IPB (Vestnik professional'nykh bukhgalterov)*. 2018;2:28–36. (In Russ.)

10. Safronov S.B. ESG factors – risks and opportunities. *Modern Management Technology*. 2022;1(97):26–29. (In Russ.)

11. Trukhachev V.I., Khoruzhy L.I., Tryastsina N.Y. Accounting and Analytical Support in Integrated Reporting. *Innovation, Technology and Knowledge Management*. 2023:275–282.

12. Tryastsina N.Yu., Dzhikiya M.K., Shutova S.V. Analytical tools in ensuring the strategy of low-carbon development of agricultural organizations. *Accounting in Agriculture*. 2023;12:722–732. (In Russ.)

13. Tryastsina N.Yu., Dzhikiya M.K., Chernyshev A.S. Formation of information in integrated reporting for investment attractiveness assessment taking into account ESG-principles. *Accounting in Agriculture*. 2023;4:245–255. (In Russ.)

14. Khoruzhy L.I., Tryastsina N.Yu., Dzhikiya M.K., Tryastin N.A. Analytical tools for sustainable development management in dairy cattle breeding. *Accounting in Agriculture*. 2023;9:550–559. (In Russ.)

15. Shal'neva M.S., Shklyayeva V.S. WIG-ESG index as a tool for assessing the investment attractiveness of corporations. *Finansy*. 2022;12:37–42. (In Russ.)

16. Federal State Statistics Service of the Russian Federation. (In Russ.) [Electronic source] URL: <https://rosstat.gov.ru> (accessed: February 20, 2024)

17. *ESG rating of Russian agricultural companies*. Institute for Strategic Communications and Social Projects. (In Russ.) [Electronic source] URL: <http://instratcom.ru/rejting-sootvetstviya-rossijskih-kompanij-apk-kriteriyam-esg/> (accessed: February 26, 2024)

18. Financial statements of PJSC Cherkizovo Group. (In Russ.) [Electronic source] URL: <https://www.tinkoff.ru/business/contractor/legal/1057748318473/financial-statements/> (accessed: February 26, 2024)

## Сведения об авторах

**Хоружий Людмила Ивановна**, д-р экон. наук, профессор, директор Института экономики и управления АПК, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127434, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: hli@rgau-msha.ru; тел.: (499) 976–12–50

**Трясцин Никита Антонович**, аспирант кафедры бухгалтерского учета, финансов и налогообложения, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127434, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: nikitaantonio@mail.ru, тел.: (499) 976–05–95

**Джикия Мери Константиновна**, ассистент кафедры статистики и кибернетики, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127434, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: dzhikiya@rgau-msha.ru, тел.: (499) 976–12–53

**Трясцина Нина Юрьевна**, канд. экон. наук, доцент, доцент кафедры экономической безопасности и права, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127434, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: ntryastsina@rgau-msha.ru; тел.: (499) 976–39–41

## Information about the authors

**Lyudmila I. Khoruzhy**, DSc (Econ), Professor, Director of the Institute of Economics and Management in Agribusiness, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation; phone: (499) 976–12–50; e-mail: hli@rgau-msha.ru)

**Nikita A. Tryastsin**, postgraduate student at the Department of Accounting, Finance and Taxation, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation; phone: (499) 976–05–95; e-mail: nikitaantonio@mail.ru)

**Meri K. Dzhikiya**, Assistant at the Department of Statistics and Cybernetics, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation; phone: (499) 976–12–53; e-mail: dzhikiya@rgau-msha.ru)

**Nina Yu. Tryastsina**, CSc (Econ), Associate Professor, Associate Professor at the Department of Economic Security and Law, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation; phone: (499) 976–39–41; e-mail: ntryastsina@rgau-msha.ru)

## СОДЕРЖАНИЕ

## АГРОХИМИЯ, ПОЧВОВЕДЕНИЕ, ЭКОЛОГИЯ

Альсаед Н., Селицкая О.В., Поздняков Л.А., Заверткин И.А., Шубина Е.А. Оценка длительного воздействия бессеменного выращивания различных сельскохозяйственных культур на микробные сообщества почвы .....	5
Торшин С.П., Смолина Г.А., Гусева Ю.Е. Поступление <sup>137</sup> Cs в почву из луговых растений при аэральном загрязнении и формирование первичных градиентов концентраций этого поллютанта в почве на агрегатном уровне.....	25

## БОТАНИКА, ПЛОДОВОДСТВО

Зарубина Л.В., Суров В.В., Куликова Е.И., Чудецкий А.И., Кульчицкий А.Н., Бородулин Д.М. Адаптационная способность некоторых лекарственных растений <i>ex vitro</i> к почвенно-климатическим условиям Вологодской области.....	33
Маланкина Е.Л., Аль-Карави Х.А.Х., Евграфова С.Л. Особенности строения устьичного аппарата представителей рода <i>Thymus</i> L.....	45
Сунгурова Н.Р., Страздаускене С.Р., Стругова Г.Н., Кузнецова И.Б., Сахоненко А.Н., Просин М.В. Особенности фенологии некоторых представителей рода <i>Rosa</i> L. в условиях Европейского Севера .....	56

## ГЕНЕТИКА, БИОТЕХНОЛОГИЯ, СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО

Епифанцев В.В., Тихончук П.В., Панасюк А.Н., Муратов А.А. Закономерности формирования урожайности сортов и гибридов свеклы столовой в условиях Приамурья .....	68
Лапочкина И.Ф., Макарова И.Ю., Яшина Н.А., Метт М.Д., Гайнуллин Н.Р., Кузьмич М.А., Груздев И.В., Волкова Г.В. Создание нового селекционного материала озимой пшеницы с использованием сортов венгерской селекции для Центрального региона РФ .....	79

## ЗЕМЛЕДЕЛИЕ, РАСТЕНИЕВОДСТВО, ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ

Лазарев Н.Н., Шитикова А.В., Куренкова Е.М., Кухаренкова О.В., Дикарева С.А., Тяжкороб А.Р. Ежа сборная ( <i>Dactylis glomerata</i> L.) – кормовая культура универсального использования в адаптивном лугопастбищном хозяйстве (обзор).....	93
Шварцев А.А., Коньшова М.Л., Савинова С.А., Алексеев Я.И., Пыльнев В.В. Оптимизация молекулярно-генетической диагностики возбудителей фузариозов на озимой тритикале ( <i>Triticosecale</i> Wittm. & A. Camus).....	110
Яжник Я.В., Волкова Г.В. Чувствительность возбудителя сетчатой пятнистости листьев ( <i>Rugophthora teres</i> ) к двухкомпонентным фунгицидам на основе триазолового и стробилуринового классов .....	127

## ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ, МИКРОБИОЛОГИЯ

Ласточкина О.В., Реут А.А., Биглова А.Р., Аллаярова И.Н. Влияние бактерий и салициловой кислоты на декоративность <i>Campanula alliariifolia</i> в Башкирском Предуралье .....	139
Фёдорова Д.Г., Назарова Н.М., Гвоздиков А.М. Влияние осмотического стресса на прорастание семян <i>Helianthus annuus</i> L.: сахароза как осмотического регулятор.....	151

## ТЕХНОЛОГИЯ ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ

Жукова Е.В., Корневская П.А., Савина Е.Д., Пастух О.Н. Обогащение молочного продукта про- и пребиотиками.....	161
---	-----

## ЭКОНОМИКА

Уколова А.В., Козлов К.А. Оценка размерности личных подсобных хозяйств на основе группировки земельной площади .....	173
Хоружий Л.И., Тряцин Н.А., Джикия М.К., Тряцина Н.Ю. Оценка инвестиционной привлекательности компаний АПК на основе ESG-факторов .....	189

## CONTENTS

## AGROCHEMISTRY, SOIL SCIENCE AND ECOLOGY

<i>Alsayed Nour, Selitskaya O.V., Pozdnyakov L.A., Zavertkin I.A., Shubina E.A.</i> Evaluation of the long-term effects of the permanent cropping on soil microbial communities.....	5
<i>Torshin S.P., Smolina G.A., Guseva Yu.E.</i> Intake of <sup>137</sup> Cs from meadow plants into soil under aeral pollution and formation of primary gradients of this pollutant concentrations in soil at the aggregate level.....	25

## BOTANY, POMICULTURE

<i>Zarubina L.V., Surov V.V., Kulikova E.I., Chudetsky A.I., Kulchitsky A.N., Borodulin D.M.</i> Adaptability of some <i>ex vitro</i> -adapted medicinal plants to the soil and climatic conditions of the Vologda region .....	33
<i>Malankina E.L., Al-Qarawi H.A.H., Evgrafova S.L.</i> Structure features of the stomatal apparatus of representatives of the genus <i>Thymus</i> L. ....	45
<i>Sungurova N.R., Strazdauskene S.R., Strugova G.N., Kuznetsova I.B., Sakhonenko A.N., Prosin M.V.</i> Features of the phenology of some representatives of the genus <i>Rosa</i> L. in the conditions of the European North .....	56

## GENETICS, BIOTECHNOLOGY, SELECTION AND SEED BREEDING

<i>Epifantsev V.V., Tikhonchuk P.V., Panasyuk A.N., Muratov A.A.</i> Regularities of yield formation of table beet varieties and hybrids in the conditions of the Amur region.....	68
<i>Lapochkina I.F., Makarova I.J., Yashina N.A., Mett M.D., Gainullin N.R., Kuzmich M.A., Gruzdev I.V., Volkova G.V.</i> Development of new winter wheat breeding material using Hungarian varieties for the Central region of the Russian Federation.....	79

## AGRONOMY, CROP PRODUCTION, PLANT PROTECTION

<i>Lazarev N.N., Shitikova A.V., Kurenkova E.M., Kukharenkova O.V., Dikareva S.A., Tyazhkorob A.R.</i> Orchardgrass ( <i>Dactylis glomerata</i> L.) as an universal forage crop in adaptive grassland farming (review).....	93
<i>Shvartsev A.A., Komyshева M.L., Savinova S.A., Alekseev Ya.I., Pylnev V.V.</i> Optimization of molecular diagnostics of fusarium pathogens in winter triticale ( <i>×Triticosecale</i> Wittm. & A. Camus).....	110
<i>Yakhnik Ya.V., Volkova G.V.</i> Sensitivity of the causative agent of net blotch of barley ( <i>Pyrenophora teres</i> ) to a two-component fungicide based on triazole and strobilurine classes .....	127

## PLANT PHYSIOLOGY, MICROBIOLOGY

<i>Lastochkina O.V., Reut A.A., Biglova A.R., Allayarova I.N.</i> Effect of bacteria and salicylic acid on the ornamentalness of <i>Campanula alliariifolia</i> in the Bashkir Cis-Ural region.....	139
<i>Fedorova D.G., Nazarova N.M., Gvozdikova A.M.</i> Effect of osmotic stress on the germination of <i>Helianthus annuus</i> L. seeds: sucrose as an osmotic regulator .....	151

## FARM PRODUCE STORAGE AND PROCESSING TECHNOLOGY

<i>Zhukova E.V., Korenevskaya P.A., Savina E.D., Pastukh O.N.</i> Fortification of dairy products with pro- and prebiotics.....	161
---	-----

## ECONOMY

<i>Ukolova A.V., Kozlov K.A.</i> Evaluation of the size of the private subsidiary farms based on groupings by area .....	173
<i>Khoruzhy L.I., Tryastin N.A., Dzhikiya M.K., Tryastina N.Yu.</i> Assessment of investment attractiveness of agricultural companies on the basis of ESG factors.....	189

**Журнал «ИЗВЕСТИЯ ТИМИРЯЗЕВСКОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ АКАДЕМИИ»**

e-mail: [izvtsha@rgau-msha.ru](mailto:izvtsha@rgau-msha.ru)

тел.: (499) 976-07-48

---

Подписано в печать 28.04.2024 г. Формат 70×100/16 Бумага офсетная

Гарнитура шрифта «Times New Roman» Печать офсетная. 12,8 печ. л.

Тираж 500 экз.

---

Отпечатано в ООО «ЭйПиСиПублишинг»

127550, г. Москва, Дмитровское ш., д. 45, корп. 1, оф. 8

Тел.: (499) 976-51-84