

ISSN (print) 1997-4868  
e ISSN 2307-0005

# АГРАРНЫЙ ВЕСТНИК УРАЛА

AGRARIAN BULLETIN  
OF THE URALS

2020  
№11 (202)

**Сведения о редакционной коллегии**

**И. М. Донник** (главный редактор), академик РАН, вице-президент РАН (Москва, Россия)  
**О. Г. Лоретц** (заместитель главного редактора), ректор Уральского ГАУ (Екатеринбург, Россия)  
**П. Сотони** (заместитель главного редактора), доктор ветеринарных наук, профессор, академик Венгерской академии наук, академик Польской медицинской академии, ректор, Университет ветеринарной медицины Будапешта (Будапешт, Венгрия)

**Члены редакционной коллегии**

**Н. В. Абрамов**, Государственный аграрный университет Северного Зауралья (Тюмень, Россия)  
**В. Д. Богданов**, член-корреспондент РАН, Институт экологии растений и животных Уральского отделения Российской академии наук (Екатеринбург, Россия)  
**В. Н. Большаков**, академик РАН, Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина (Екатеринбург, Россия)  
**О. А. Быкова**, Уральский ГАУ (Екатеринбург, Россия)  
**Б. А. Воронин**, Уральский ГАУ (Екатеринбург, Россия)  
**Э. Д. Джавадов**, Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт птицеводства (Ломоносов, Россия)  
**Л. И. Дроздова**, Уральский ГАУ (Екатеринбург, Россия)  
**А. С. Донченко**, академик РАН, Институт экспериментальной ветеринарии Сибири и Дальнего Востока (Новосибирск, Россия)  
**Н. Н. Зезин**, Уральский научно-исследовательский институт сельского хозяйства (Екатеринбург, Россия)  
**С. Б. Исмуратов**, Костанайский инженерно-экономический университет им. М. Дулатова (Костанай, Казахстан)  
**В. В. Калашников**, академик РАН, Отделение сельскохозяйственных наук РАН, Всероссийский научно-исследовательский институт коневодства (Рязань, Россия)  
**А. Г. Коцаев**, Кубанский государственный аграрный университет (Краснодар, Россия)  
**В. С. Мырнин**, ОАО «Уралплемцентр» (Екатеринбург, Россия)  
**А. Г. Нежданов**, Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии Россельхозакадемии (Воронеж, Россия)  
**М. С. Норов**, Таджикский аграрный университет имени Шириншо Шотемур (Душанбе, Таджикистан)  
**В. С. Паштецкий**, Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма (Симферополь, Россия)  
**Ю. В. Плугатарь**, член-корреспондент РАН, член Совета при Президенте Российской Федерации по науке и образованию, начальник Отдела РАН по взаимодействию с научными организациями Крыма и города федерального значения Севастополя, Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН (Ялта, Россия)  
**А. Г. Самоделькин**, Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия (Нижний Новгород, Россия)  
**А. А. Стекольников**, Санкт-Петербургская государственная академия ветеринарной медицины (Санкт-Петербург, Россия)  
**В. Г. Тюрин**, Всероссийский научно-исследовательский институт ветеринарной санитарии, гигиены и экологии (Москва, Россия)  
**И. Г. Ушачев**, академик РАН, Всероссийский НИИ экономики сельского хозяйства (Москва, Россия)  
**С. В. Шабунин**, академик РАН, Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии Россельхозакадемии (Воронеж, Россия)  
**И. А. Шкуратова**, Уральский научно-исследовательский ветеринарный институт (Екатеринбург, Россия)

**Editorial board**

**Irina M. Donnik** (Editor-in-Chief), Academician of the Russian Academy of Sciences, Vice President of the Russian Academy of Sciences (Moscow, Russia)  
**Olga G. Lorets** (Deputy Chief Editor), rector of the Ural State Agrarian University (Ekaterinburg, Russia)  
**Péter Sótonyi** (Deputy chief editor), doctor of veterinary sciences, professor, academician of Hungarian Academy of Sciences, academician of Polish Medical Academy, rector, University of Veterinary Medicine of Budapest (Budapest, Hungary)

**Editorial Team**

**Nikolay V. Abramov**, Northern Trans-Ural State Agricultural University (Tyumen, Russia)  
**Vladimir D. Bogdanov**, corresponding member of the Russian Academy of Sciences, Institute of Plant and Animal Ecology of the Ural branch of the Russian Academy of Sciences (Ekaterinburg, Russia)  
**Vladimir N. Bolshakov**, Academician of the Russian Academy of Sciences; Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin (Ekaterinburg, Russia)  
**Olga A. Bykova**, Ural State Agrarian University (Ekaterinburg, Russia)  
**Boris A. Voronin**, Ural State Agrarian University (Ekaterinburg, Russia)  
**Eduard D. Dzhavadov**, All-Russian Research and Technological Poultry Institute (Lomonosov, Russia)  
**Lyudmila I. Drozdova**, Ural State Agrarian University (Ekaterinburg, Russia)  
**Aleksandr S. Donchenko**, Academician of the Russian Academy of Sciences, Institute of Experimental Veterinary Science of Siberia and the Far East (Novosibirsk, Russia)  
**Nikita N. Zezin**, Ural Research Institute of Agriculture (Ekaterinburg, Russia)  
**Sabit B. Ismuratov**, Kostanay Engineering and Economics University named after M. Dulatov (Kostanay, Kazakhstan)  
**Valeriy V. Kalashnikov**, Academician of the Russian Academy of Sciences, Department of Agricultural Sciences of the Russian Academy of Sciences, the All-Russian Research Institute for Horsebreeding (Ryazan, Russia)  
**Andrey G. Koshchayev**, Kuban State Agrarian University (Krasnodar, Russia)  
**Vladimir S. Mymrin**, “Uralplemsentr” (Ekaterinburg, Russia)  
**Anatoliy G. Nezhdanov**, All-Russian Veterinary Research Institute of Pathology, Pharmacology and Therapy of the Russian Academy of Agricultural Sciences (Voronezh, Russia)  
**Mastibek S. Norov**, Tajik Agrarian University named after Shirinsho Shotemur (Dushanbe, Tajikistan)  
**Vladimir S. Pashtetskiy**, Research Institute of Agriculture of Crimea (Simferopol, Russia)  
**Yuriy V. Plugatar**, corresponding member of the Russian Academy of Sciences, member of the Presidential Council for Science and Education, Head of the Department of the Russian Academy of Sciences for Cooperation with Scientific Organizations of Crimea and Sevastopol, The Nikitsky Botanical Garden – National Scientific Center of Russian Academy of Sciences, Yalta, Russia  
**Aleksandr G. Samodelkin**, Nizhniy Novgorod State Agricultural Academy (Nizhniy Novgorod, Russia)  
**Anatoliy A. Stekolnikov**, Saint Petersburg State Academy of Veterinary Medicine (Saint Petersburg, Russia)  
**Vladimir G. Tyurin**, All-Russian Research Institute for Veterinary Sanitation, Hygiene and Ecology (Moscow, Russia)  
**Ivan G. Ushachev**, Academician of the Russian Academy of Sciences, All-Russian Research Institute of Agricultural Economics (Moscow, Russia)  
**Sergey V. Shabunin**, Academician of the Russian Academy of Sciences, All-Russian Veterinary Research Institute of Pathology, Pharmacology and Therapy of the Russian Academy of Agricultural Sciences (Voronezh, Russia)  
**Irina A. Shkuratova**, Ural Research Veterinary Institute (Ekaterinburg, Russia)

**Нас индексируют / Indexed**

ВЫСШАЯ  
АТТЕСТАЦИОННАЯ КОМИССИЯ (ВАК)  
При Министерстве образования и науки  
Российской Федерации



Food and Agriculture Organization  
of the United Nations



ULRICHSWEB™  
GLOBAL SERIALS DIRECTORY



Содержание

Contents

**Агротехнологии**

**Agrotechnologies**

- |  |    |  |  |
|--|----|--|--|
| С. Г. Денисова, А. А. Реут<br>Изучение влияния адаптогенов на водный режим некоторых сортов рода <i>Chrysanthemum</i> L. при интродукции в Башкирское Предуралье   | 2  | S. G. Denisova, A. A. Reut<br>Study of the influence of adaptogens on the water regime of some varieties of the genus <i>Chrysanthemum</i> L. during the introduction into the Bashkir Pre-Urals         |  |
| О. Н. Курдюкова, А. В. Барановский<br>Продуктивность сорго зернового в зависимости от применения гербицидов  | 14 | O. N. Kurdyukova, A. V. Baranovskiy<br>Grain sorghum productivity depending on herbicide application   |  |
| И. Р. Манукян, Е. С. Мирошникова, Т. С. Абиева<br>Оценка исходного материала озимой тритикале в селекции сортов зернокармального направления для предгорной зоны Центрального Кавказа                    | 21 | I. R. Manukyan, E. S. Miroshnikova, T. S. Abieva<br>Evaluation of the source material of winter triticale in breeding varieties of grain feed direction for the foothill zone of the Central Caucasus    |  |
| М. А. Тормозин, А. В. Беляев, Е. М. Тихолаз<br>Влияние обработки растений по вегетации стимуляторами роста и средствами защиты на семенную продуктивность овсяницы луговой сорта Надежда                 | 28 | M. A. Tormozin, A. V. Belyaev, E. M. Tikholaz<br>Influence of vegetation treatment with growth stimulants and protection agents on seed productivity of meadow fescue Nadezhda                           |  |
| С. Ю. Турко, К. Ю. Трубакова<br>Интенсивность формирования травостоя на имитационных моделях пастбищ различного сезона использования   | 37 | S. Yu. Turko, K. Yu. Trubakova<br>Intensity of grass stand formation on simulation models of pastures for different seasons of use   |  |
| Т. В. Шайкова, Е. С. Волкова, М. В. Дятлова<br>Применение новых комплексных удобрений и биологических препаратов на посевах кормовой озимой ржи в условиях Псковской области                             | 45 | T. V. Shaykova, E. S. Volkova, M. V. Dyatlova<br>Application new complex fertilizers and biological preparations on the sowing of the fodder winter rye in the Pskov region's conditions                 |  |
| <b>Биология и биотехнологии</b>  |    | <b>Biology and biotechnologies</b>   |  |
| А. С. Баркова, Е. И. Шурманова, Т. Г. Хонина, И. М. Миллштейн<br>Possibilities of using functional biologically active organosilicon compounds in veterinary practice                                    | 53 | A. S. Barkova, E. I. Shurmanova, T. G. Khonina, I. M. Millstein<br>Possibilities of using functional biologically active organosilicon compounds in veterinary practice                                  |  |
| А. Г. Исаева, А. С. Кривоногова, И. М. Донник, К. В. Моисеева<br>Specific features of the microbial resistance assessment in pig breeding enterprises  | 59 | A. G. Isaeva, A. S. Krivonogova, I. M. Donnik, K. V. Moiseeva<br>Specific features of the microbial resistance assessment in pig breeding enterprises  |  |
| П. И. Костылев, Е. В. Краснова, А. В. Аксенов, Э. С. Балукова<br>Анализ наследования количественных признаков у гибрида риса Кубояр × Гагат  | 64 | P. I. Kostylev, E. V. Krasnova, A. V. Aksenov, E. S. Balyukova<br>Analysis of the inheritance of quantitative traits in the rice hybrid Kuboyar × Gagat  |  |
| О. А. Пехова, Л. А. Тимашева, И. Л. Данилова, И. В. Белова<br>Особенности накопления биологически активных веществ в растениях <i>Elsholtzia stauntonii</i> Benth., выращиваемых в предгорной зоне Крыма | 76 | O. A. Pekhova, L. A. Timasheva, I. L. Danilova, I. V. Belova<br>Accumulation of biologically active substances in plants of <i>Elsholtzia stauntonii</i> Benth. grown in the foothill zone of the Crimea |  |
| О. Б. Райзер, О. Н. Хапилина, А. С. Туржанова, Д. С. Тагиманова, Р. Н. Календарь<br>Полиморфизм генов ферментов антиоксидантной системы у культурных видов пшеницы и дикорастущих сородичей              | 85 | O. B. Raizer, O. N. Khapilina, A. S. Turzhanova, D. S. Tagimanova, R. N. Kalendar<br>Polymorphism of genes of antioxidant system enzymes in cultivated wheat species and wild-growing relatives          |  |
| А. А. Южаков, К. А. Лайшев, В. А. Забродин<br>Влияние наследственных и паратипических факторов на мясную продуктивность домашних северных оленей   | 93 | A. A. Yuzhakov, K. A. Layshev, V. A. Zabrodin<br>The influence of genetic and paratypical factors on the meat productivity of domesticated reindeer  |  |

## Изучение влияния адаптогенов на водный режим некоторых сортов рода *Chrysanthemum* L. при интродукции в Башкирское Предуралье

С. Г. Денисова<sup>1</sup>, А. А. Реут<sup>1</sup>✉

<sup>1</sup> Южно-Уральский ботанический сад-институт – обособленное структурное подразделение Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, Уфа, Россия

✉ E-mail: cvetok.79@mail.ru

**Аннотация.** Цель – исследование действия антистрессовых адаптогенов на водный режим некоторых сортов хризантемы в условиях Башкирского Предуралья. **Методология и методы.** Анализ показателей водного режима основан на методе искусственного завядания (В. Н. Таренков, Л. Н. Иванова) и методе насыщения растительных образцов (В. П. Моисеев, Н. П. Решецкий). Обработка растений производилась однократно, а отбор проб – в три срока. Проведение расчетов осуществляли стандартными методами с использованием статистических пакетов программы Microsoft Excel 2003 и программы Agros 2.13. **Результаты.** Проанализирована динамика показателей водного режима при обработке препаратами «Гуми-20» и «Оберег». Дана оценка общей оводненности, водоудерживающей способности, суточной потери влаги и водного дефицита десяти сортов хризантемы селекции Южно-Уральского ботанического сада-института УФИЦ РАН (ЮУБСИ УФИЦ РАН) в изучаемый период времени. Исследования показали, что сорта хризантемы в условиях Башкирского Предуралья при одинаковых почвенно-климатических и агротехнических условиях имели следующие показатели: общая оводненность – 69,4–86,9 %, водоудерживающая способность – 25,6–53,8 %, суточная потеря влаги – 17,2–61,0 %, водный дефицит – 10,9–13,2 %. Применение антистрессовых адаптогенов не оказало значительного влияния на параметры водного режима или их действие было сортоспецифично. В результате корреляционно-регрессионного анализа выявлены обратные зависимости между показателями водного дефицита и общей оводненностью, а также между суточной потерей воды и водоудерживающей способностью. **Научная новизна.** Впервые изучен водный режим сортов хризантемы селекции ЮУБСИ УФИЦ РАН, выявлены зависимости показателей водного режима, дана оценка целесообразности применения антистрессовых адаптогенов для отдельных сортов в условиях Башкирского Предуралья.

**Ключевые слова:** хризантема, водный режим, общая оводненность, водоудерживающая способность, водный дефицит, Южно-Уральский ботанический сад-институт, Башкирское Предуралье.

**Для цитирования:** Денисова С. Г., Реут А. А. Изучение влияния адаптогенов на водный режим некоторых сортов рода *Chrysanthemum* L. при интродукции в Башкирское Предуралье // Аграрный вестник Урала. 2020. № 11 (202). С. 2–13. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-202-11-2-13.

**Дата поступления статьи:** 18.08.2020.

### Постановка проблемы (Introduction)

Хризантема садовая (*Chrysanthemum* × *hortorum* Bailey) – многолетнее растение семейства сложноцветных (Compositae). Она является сложным гибридом нескольких природных видов и их культиваров, выведенных в начале прошлого века А. Каммингом (США). Хризантема – это ценная срезочная культура и прекрасный материал для создания клумб и бордюров. В мире в настоящее время существует около 5000 сортов. В средней полосе России выращивают в открытом грунте не более 200 [1, с. 250], [2]. Однако внедрение ее в климатическую зону Республики Башкортостан ограничено отсутствием сортов, адаптированных к местным условиям, и обоснованного ассортимента.

Одной из основных задач современной биологии является исследование особенностей существования организма в зависимости от экологических факторов. Большинство стрессовых воздействий изменяет водный режим растений [3, с. 6]. Водный стресс вызывает повреждения

культиваров на разных уровнях их организации: дегидратация содержимого клеток, обусловленная засухой, приводит к потере тургора, снижению водного и осмотического потенциала, интенсивности и продуктивности фотосинтеза [4, с. 160]. Несмотря на значительный прогресс в решении теоретических и практических вопросов адаптации живых организмов, в настоящее время важны глубокие физиологические исследования с целью выявления ведущих эндогенных и экзогенных факторов, лимитирующих реализацию адаптационного потенциала растения в целом, или в конкретных агроклиматических регионах [5, р. 220].

Показатели водного обмена также выступают как критерии для оценки устойчивости растений к неблагоприятным факторам среды [6, с. 5], [7, с. 24]. При этом водоудерживающая способность (скорость водоотдачи листьями) является одним из важнейших физиологических показателей, диагностирующих устойчивость интродуцентов к засухе [8, с. 60], [9].

В природных условиях полного насыщения листьев водой практически не бывает. Водный дефицит – это количество воды, недостающее до полного насыщения ткани, выраженное в процентах от количества воды, содержащейся при ее полном насыщении. Водный дефицит особенно сильно возрастает в жаркую погоду в связи с повышением интенсивности транспирации, при засухе или недостатке воды в почве. Водный дефицит, не превышающий 10 %, представляет собой нормальное явление, не причиняющее растению вреда. Водный дефицит, достигающий 25 % и более, приводит к закрыванию устьиц, завяданию листьев, снижению интенсивности роста и фотосинтеза, нарушению энергетического обмена и синтетической деятельности клеток [10, с. 57].

Использование антистрессовых препаратов как синтетического, так и природного происхождения является важным резервом повышения устойчивости культур к неблагоприятным условиям произрастания. Существует целый ряд коммерческих препаратов – регуляторов роста растений, снимающих состояние стресса (наиболее известные – «Эпин», «Циркон» и др.). Широкую популярность приобретают в последнее время препараты естественного происхождения, получившие название гуминовых удобрений. Они обладают широким спектром применения, являются высокоэффективными и экологически безопасными [11, с. 43], [12, с. 39].

Целью исследования было изучение влияния антистрессовых препаратов на показатели водного режима некоторых сортов хризантемы при интродукции в Башкирское Предуралье.

#### Методология и методы исследования (Methods)

Исследования проводили на базе Южно-Уральского ботанического сада-института – обособленного структурного подразделения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (далее – ЮУБСИ УФИЦ РАН) в вегетационный период 2018–2019 гг. Почвы на опытном участке серые лесные, типичные для региона, рН = 6,14. Гидротермический коэффициент (ГТК) по Республике Башкортостан меняется от 1,1 (северо-восточная лесостепь) до 0,8 (юго-восточная степь), в горной части – 1,4 [13].

Опыт проводили в трех вариантах в трехкратной повторности. Контрольные растения опрыскивали водой, опытные – препаратами «Гуми-20» и «Оберег». Обработка растений проводилась однократно. Пробы листовых пластинок брали из средней части куста в три этапа (через сутки после обработки, через неделю, через две недели). Отбор осуществляли в утренние часы. Взвешивание проводили на лабораторных электронных весах «Госмер ВЛТЭ 1100», высушивание образцов – в сушильном шкафу ШС-80-01 СПУ при температуре 105–110 °С.

Оценку водного режима осуществляли методом искусственного завядания в соответствии с указаниями В. Н. Таренкова, Л. Н. Ивановой [14, с. 175]. Оценивали водоудерживающую способность, общую оводненность и суточную потерю воды листьями.

Водный дефицит и сопутствующие показатели (относительная тургесцентность) находили методом насыщения растительных образцов в соответствии с указаниями В. П. Моисеева, Н. П. Решецкого [14, с. 176].

Объектами исследований стали 10 сортов *Chrysanthemum × hortorum* (Аниса, Башкирочка, Волны Агидели, Доктор В. П. Путенихин, Земфира, Караидель, Памяти А. К. Мубарякова, Полянка, Регина, Сакмара) селекции ЮУБСИ УФИЦ РАН.

Математическую обработку экспериментальных данных проводили стандартными методами с использованием статистических пакетов программы Microsoft Excel 2003 и программы Agros 2.13.

#### Результаты (Results)

Активная жизнедеятельность растений возможна только при высокой оводненности их тканей, поэтому водный режим является одним из важнейших звеньев в цепи процессов, которые играют существенную роль в жизни растений, и представляет собой одну из центральных проблем экологической физиологии растений [15, с. 46].

В результате проведенного анализа выявлено, что в июле растения начинали испытывать небольшой водный дефицит. Его величина достигала 10,9–12,4 % независимо от времени взятия проб и обработки. Однако при таких значениях данного показателя у исследуемых сортов не было отмечено негативных последствий.

Показатели общей оводненности также менялись незначительно. Так, в контрольном варианте они колебались от 69,4 (Аниса) до 86,8 % (Регина) при среднем значении признака 78,1 % (таблица 1). В опытных вариантах с опрыскиванием препаратами «Оберег» и «Гуми-20» они были несколько выше: 74,8 (Полянка) – 83,6 % (Аниса) и 72,7 (Доктор В. П. Путенихин) – 86,9 % (Памяти А. К. Мубарякова) соответственно при среднем значении признака 78,6 %.

Водоудерживающая способность тканей является одним из показателей водного режима, характеризующих способность растений переносить длительное обезвоживание. Она связана с процессами гидратации и иммобилизации воды структурными компонентами клетки и непосредственно с процессами метаболизма. Значения этого показателя – динамичная величина [16, с. 1058]. В результате нашего исследования установлено, что через сутки после обработки препаратами «Оберег» и «Гуми-20» в образцах листьев большинства исследуемых сортов хризантемы отмечали увеличение показателя водоудерживающей способности на 3,8–76,6 % и 10,2–66,4 % соответственно по сравнению с контрольными пробами (таблицы 2, 3). У двух сортов – Памяти А. К. Мубарякова и Сакмара – опрыскивание адаптогенами вызвало снижение данного показателя на 4,7–43,1 % по сравнению с контролем. У сорта Регина после обработки «Оберегом» отмечалось снижение параметра водоудерживающей способности на 8,5 %, а «Гуми-20», напротив, вызвало увеличение на 19,1 %. Через неделю после опрыскивания у 50 % сортов отмечали увеличение показателя водоудерживающей способности на 6,9–60,1 % по сравнению с контролем. Через две недели – только на 5,5–21,8 %. Наиболее отзывчивым на применение препаратов оказался сорт Земфира. Таким образом, опрыскивание антистрессовыми адаптогенами позволяет увеличить водоудерживающую способность у некоторых сортов, т. е. данное влияние сортоспецифично.

Таблица 1  
Показатели водного режима некоторых сортов хризантемы (контроль)

Сорт	Проба	Показатели водного режима			
		<i>W</i>	<i>R</i>	<i>L</i>	<i>Wg</i>
Аниса	1	77,2 ± 2,1	47,8 ± 1,3	29,3 ± 0,8	12 ± 0,3
	2	75,2 ± 2,1	46,4 ± 1,4	28,9 ± 0,8	12,3 ± 0,3
	3	69,4 ± 2,1	43,5 ± 1,2	25,9 ± 0,8	13,2 ± 0,4
<b>Среднее</b>		<b>73,9 ± 2,3</b>	<b>45,9 ± 1,3</b>	<b>28,0 ± 1,1</b>	<b>12,5 ± 0,4</b>
Башкирочка	1	77,7 ± 2,2	42,2 ± 1,1	35,5 ± 1,0	11,9 ± 0,3
	2	80,3 ± 2,3	46,3 ± 1,2	34 ± 1,0	11,6 ± 0,3
	3	80,5 ± 2,3	54,7 ± 1,5	25,8 ± 0,7	11,6 ± 0,3
<b>Среднее</b>		<b>79,5 ± 0,9</b>	<b>47,7 ± 3,7</b>	<b>31,8 ± 3,0</b>	<b>11,7 ± 0,1</b>
Волны Агидели	1	77,6 ± 1,9	45,2 ± 1,1	32,4 ± 0,8	11,9 ± 0,3
	2	79,3 ± 2,1	50,7 ± 1,3	28,6 ± 0,7	11,7 ± 0,3
	3	79,3 ± 2,1	45,5 ± 1,2	33,8 ± 0,9	11,7 ± 0,3
<b>Среднее</b>		<b>78,7 ± 0,6</b>	<b>47,1 ± 1,8</b>	<b>31,6 ± 1,5</b>	<b>11,8 ± 0,0</b>
Доктор В.П. Путенихин	1	78 ± 2,1	38,9 ± 1,0	39 ± 1,0	11,9 ± 0,3
	2	79,8 ± 2,3	42,5 ± 1,1	37,2 ± 1,0	11,7 ± 0,3
	3	76,6 ± 2,1	47,3 ± 1,3	29,3 ± 0,8	12,1 ± 0,3
<b>Среднее</b>		<b>78,1 ± 0,9</b>	<b>42,9 ± 2,4</b>	<b>35,2 ± 2,9</b>	<b>11,9 ± 0,1</b>
Земфира	1	76,9 ± 2,0	25,6 ± 0,6	51,3 ± 1,3	12 ± 0,3
	2	76,5 ± 1,9	29,6 ± 0,8	46,9 ± 1,2	12,1 ± 0,3
	3	75,9 ± 2,2	40,2 ± 1,0	35,7 ± 0,9	12,2 ± 0,3
<b>Среднее</b>		<b>76,4 ± 0,3</b>	<b>31,8 ± 4,3</b>	<b>44,6 ± 4,6</b>	<b>12,1 ± 0,1</b>
Караидель	1	74,5 ± 2,0	33,8 ± 0,8	40,7 ± 1,0	12,4 ± 0,3
	2	75,8 ± 2,0	42,5 ± 1,1	33,3 ± 0,8	12,2 ± 0,3
	3	73,8 ± 1,8	39,3 ± 0,9	34,5 ± 0,9	12,5 ± 0,3
<b>Среднее</b>		<b>74,7 ± 0,6</b>	<b>38,5 ± 2,5</b>	<b>36,2 ± 2,3</b>	<b>12,4 ± 0,1</b>
Памяти А. К. Мубарякова	1	77 ± 2,3	48,5 ± 1,4	28,6 ± 0,7	12 ± 0,3
	2	75 ± 1,9	38,4 ± 1,0	36,6 ± 0,9	12,3 ± 0,3
	3	78,2 ± 1,9	49,1 ± 1,2	29,1 ± 0,7	11,9 ± 0,3
<b>Среднее</b>		<b>76,7 ± 0,9</b>	<b>45,3 ± 3,5</b>	<b>31,4 ± 2,6</b>	<b>12,1 ± 0,1</b>
Полянка	1	72,8 ± 1,9	11,8 ± 0,3	61 ± 1,7	12,6 ± 0,3
	2	75,6 ± 2,0	41,2 ± 1,2	34,3 ± 0,9	12,2 ± 0,3
	3	75,4 ± 2,0	47,7 ± 1,4	27,7 ± 0,8	12,2 ± 0,3
<b>Среднее</b>		<b>74,6 ± 0,9</b>	<b>33,6 ± 11,0</b>	<b>41,0 ± 10,2</b>	<b>12,3 ± 0,1</b>
Регина	1	86,8 ± 2,6	40,2 ± 1,2	46,6 ± 1,2	10,8 ± 0,3
	2	86,2 ± 2,5	40,7 ± 1,0	45,5 ± 1,3	10,9 ± 0,3
	3	82,5 ± 2,4	50,2 ± 1,5	32,3 ± 0,9	11,3 ± 0,3
<b>Среднее</b>		<b>85,2 ± 1,3</b>	<b>43,7 ± 3,2</b>	<b>41,5 ± 4,5</b>	<b>11,0 ± 0,1</b>
Сакмара	1	81,3 ± 2,4	64,1 ± 1,9	17,2 ± 0,5	11,5 ± 0,3
	2	80,2 ± 2,4	37,7 ± 1,1	42,8 ± 1,2	11,6 ± 0,3
	3	86,2 ± 2,5	41,2 ± 1,2	45 ± 1,3	10,9 ± 0,3
<b>Среднее</b>		<b>82,6 ± 1,8</b>	<b>47,7 ± 8,3</b>	<b>35,0 ± 8,9</b>	<b>11,3 ± 0,2</b>

Примечание: *W* – общая оводненность; *R* – водоудерживающая способность; *L* – содержание «подвижной» влаги; *Wg* – водный дефицит.

Indicators of the water regime of some varieties of chrysanthemum (control)

Variety	Sample	Indicators of water regime			
		W	R	L	Wg
Anisa	1	77.2 ± 2.1	47.8 ± 1.3	29.3 ± 0.8	12 ± 0.3
	2	75.2 ± 2.1	46.4 ± 1.4	28.9 ± 0.8	12.3 ± 0.3
	3	69.4 ± 2.1	43.5 ± 1.2	25.9 ± 0.8	13.2 ± 0.4
<b>Average</b>		<b>73.9 ± 2.3</b>	<b>45.9 ± 1.3</b>	<b>28.0 ± 1.1</b>	<b>12.5 ± 0.4</b>
Bashkirochka	1	77.7 ± 2.2	42.2 ± 1.1	35.5 ± 1.0	11.9 ± 0.3
	2	80.3 ± 2.3	46.3 ± 1.2	34 ± 1.0	11.6 ± 0.3
	3	80.5 ± 2.3	54.7 ± 1.5	25.8 ± 0.7	11.6 ± 0.3
<b>Average</b>		<b>79.5 ± 0.9</b>	<b>47.7 ± 3.7</b>	<b>31.8 ± 3.0</b>	<b>11.7 ± 0.1</b>
Volny Agideli	1	77.6 ± 1.9	45.2 ± 1.1	32.4 ± 0.8	11.9 ± 0.3
	2	79.3 ± 2.1	50.7 ± 1.3	28.6 ± 0.7	11.7 ± 0.3
	3	79.3 ± 2.1	45.5 ± 1.2	33.8 ± 0.9	11.7 ± 0.3
<b>Average</b>		<b>78.7 ± 0.6</b>	<b>47.1 ± 1.8</b>	<b>31.6 ± 1.5</b>	<b>11.8 ± 0.0</b>
Doctor V. P. Putenikhin	1	78 ± 2.1	38.9 ± 1.0	39 ± 1.0	11.9 ± 0.3
	2	79.8 ± 2.3	42.5 ± 1.1	37.2 ± 1.0	11.7 ± 0.3
	3	76.6 ± 2.1	47.3 ± 1.3	29.3 ± 0.8	12.1 ± 0.3
<b>Average</b>		<b>78.1 ± 0.9</b>	<b>42.9 ± 2.4</b>	<b>35.2 ± 2.9</b>	<b>11.9 ± 0.1</b>
Zemfira	1	76.9 ± 2.0	25.6 ± 0.6	51.3 ± 1.3	12 ± 0.3
	2	76.5 ± 1.9	29.6 ± 0.8	46.9 ± 1.2	12.1 ± 0.3
	3	75.9 ± 2.2	40.2 ± 1.0	35.7 ± 0.9	12.2 ± 0.3
<b>Average</b>		<b>76.4 ± 0.3</b>	<b>31.8 ± 4.3</b>	<b>44.6 ± 4.6</b>	<b>12.1 ± 0.1</b>
Karaidel	1	74.5 ± 2.0	33.8 ± 0.8	40.7 ± 1.0	12.4 ± 0.3
	2	75.8 ± 2.0	42.5 ± 1.1	33.3 ± 0.8	12.2 ± 0.3
	3	73.8 ± 1.8	39.3 ± 0.9	34.5 ± 0.9	12.5 ± 0.3
<b>Average</b>		<b>74.7 ± 0.6</b>	<b>38.5 ± 2.5</b>	<b>36.2 ± 2.3</b>	<b>12.4 ± 0.1</b>
Pamyati A. K. Mubaryakova	1	77 ± 2.3	48.5 ± 1.4	28.6 ± 0.7	12 ± 0.3
	2	75 ± 1.9	38.4 ± 1.0	36.6 ± 0.9	12.3 ± 0.3
	3	78.2 ± 1.9	49.1 ± 1.2	29.1 ± 0.7	11.9 ± 0.3
<b>Average</b>		<b>76.7 ± 0.9</b>	<b>45.3 ± 3.5</b>	<b>31.4 ± 2.6</b>	<b>12.1 ± 0.1</b>
Polyanka	1	72.8 ± 1.9	11.8 ± 0.3	61 ± 1.7	12.6 ± 0.3
	2	75.6 ± 2.0	41.2 ± 1.2	34.3 ± 0.9	12.2 ± 0.3
	3	75.4 ± 2.0	47.7 ± 1.4	27.7 ± 0.8	12.2 ± 0.3
<b>Average</b>		<b>74.6 ± 0.9</b>	<b>33.6 ± 11.0</b>	<b>41.0 ± 10.2</b>	<b>12.3 ± 0.1</b>
Regina	1	86.8 ± 2.6	40.2 ± 1.2	46.6 ± 1.2	10.8 ± 0.3
	2	86.2 ± 2.5	40.7 ± 1.0	45.5 ± 1.3	10.9 ± 0.3
	3	82.5 ± 2.4	50.2 ± 1.5	32.3 ± 0.9	11.3 ± 0.3
<b>Average</b>		<b>85.2 ± 1.3</b>	<b>43.7 ± 3.2</b>	<b>41.5 ± 4.5</b>	<b>11.0 ± 0.1</b>
Sakmara	1	81.3 ± 2.4	64.1 ± 1.9	17.2 ± 0.5	11.5 ± 0.3
	2	80.2 ± 2.4	37.7 ± 1.1	42.8 ± 1.2	11.6 ± 0.3
	3	86.2 ± 2.5	41.2 ± 1.2	45 ± 1.3	10.9 ± 0.3
<b>Average</b>		<b>82.6 ± 1.8</b>	<b>47.7 ± 8.3</b>	<b>35.0 ± 8.9</b>	<b>11.3 ± 0.2</b>

Note: W - total water content; R - water-holding capacity; L - content of "mobile" moisture; Wg - water deficit.

Таблица 2

## Влияние препарата «Оберег» на водный режим некоторых сортов хризантемы

Сорт	Проба	Показатели водного режима			
		<i>W</i>	<i>R</i>	<i>L</i>	<i>Wg</i>
Аниса	1	83,6 ± 2,4	53,8 ± 1,6	29,8 ± 0,8	11,2 ± 0,3
	2	80,4 ± 2,2	48,6 ± 1,4	31,8 ± 0,9	11,6 ± 0,3
	3	78,6 ± 2,2	49,4 ± 1,5	29,2 ± 0,9	11,8 ± 0,3
<b>Среднее</b>		<b>80,9 ± 1,5</b>	<b>50,6 ± 1,6</b>	<b>30,3 ± 0,8</b>	<b>11,5 ± 0,2</b>
Башкирочка	1	80 ± 2,0	43,8 ± 1,3	36,1 ± 0,9	11,6 ± 0,3
	2	79,8 ± 2,4	44,6 ± 1,3	35,2 ± 0,9	11,6 ± 0,3
	3	80,9 ± 2,0	52 ± 1,6	28,9 ± 0,7	11,5 ± 0,3
<b>Среднее</b>		<b>79,9 ± 0,1</b>	<b>46,8 ± 2,6</b>	<b>33,4 ± 2,3</b>	<b>11,6 ± 0,0</b>
Волны Агидели	1	77,5 ± 2,1	48 ± 1,4	29,5 ± 0,7	12 ± 0,3
	2	80,3 ± 2,1	54,9 ± 1,4	25,4 ± 0,6	11,6 ± 0,3
	3	76,3 ± 1,9	50,4 ± 1,5	25,9 ± 0,6	12,1 ± 0,3
<b>Среднее</b>		<b>78,0 ± 1,2</b>	<b>51,1 ± 2,0</b>	<b>26,9 ± 1,3</b>	<b>11,9 ± 0,2</b>
Доктор В. П. Путенихин	1	75,9 ± 1,8	41,8 ± 1,1	34,1 ± 0,8	12,2 ± 0,3
	2	76,5 ± 1,9	40 ± 1,0	36,5 ± 0,9	12,1 ± 0,3
	3	77,3 ± 2,0	47,5 ± 1,2	29,8 ± 0,7	12 ± 0,3
<b>Среднее</b>		<b>76,6 ± 0,4</b>	<b>43,1 ± 2,3</b>	<b>33,5 ± 1,9</b>	<b>12,1 ± 0,0</b>
Земфира	1	77,4 ± 2,3	45,2 ± 1,2	32,2 ± 0,8	12 ± 0,3
	2	78,7 ± 2,0	47,4 ± 1,3	31,3 ± 0,8	11,8 ± 0,3
	3	77,9 ± 2,0	46,2 ± 1,2	31,7 ± 0,8	12 ± 0,3
<b>Среднее</b>		<b>78,0 ± 0,4</b>	<b>46,3 ± 0,6</b>	<b>31,7 ± 0,3</b>	<b>11,9 ± 0,1</b>
Караидель	1	75,4 ± 1,9	39,8 ± 1,0	35,6 ± 0,9	12,2 ± 0,3
	2	78,3 ± 2,0	47,8 ± 1,2	30,4 ± 0,8	11,9 ± 0,3
	3	75,8 ± 1,9	46,3 ± 1,2	29,5 ± 0,8	12,2 ± 0,3
<b>Среднее</b>		<b>76,5 ± 0,9</b>	<b>44,6 ± 2,4</b>	<b>31,8 ± 1,9</b>	<b>12,1 ± 0,1</b>
Памяти А. К. Мубарякова	1	78,9 ± 2,1	46,2 ± 1,1	32,6 ± 0,9	11,8 ± 0,3
	2	78,8 ± 2,1	39,4 ± 1,1	39,4 ± 1,2	11,8 ± 0,3
	3	79,8 ± 2,1	47,6 ± 1,4	32,1 ± 0,9	11,7 ± 0,3
<b>Среднее</b>		<b>79,2 ± 0,3</b>	<b>44,4 ± 2,5</b>	<b>34,7 ± 2,3</b>	<b>11,8 ± 0,0</b>
Полянка	1	74,8 ± 2,2	49,6 ± 1,4	25,2 ± 0,7	12,3 ± 0,3
	2	77,4 ± 2,3	46,7 ± 1,4	30,7 ± 0,9	12 ± 0,3
	3	75,5 ± 2,2	47,4 ± 1,2	28,1 ± 0,8	12,2 ± 0,3
<b>Среднее</b>		<b>75,9 ± 0,8</b>	<b>47,9 ± 0,9</b>	<b>28,0 ± 1,6</b>	<b>12,2 ± 0,1</b>
Регина	1	79,5 ± 2,3	36,8 ± 1,1	42,5 ± 1,2	11,7 ± 0,3
	2	82,5 ± 2,4	37,9 ± 1,1	44,7 ± 1,3	11,3 ± 0,3
	3	81,9 ± 2,4	38,3 ± 1,1	43,5 ± 1,3	11,4 ± 0,3
<b>Среднее</b>		<b>81,3 ± 0,9</b>	<b>37,7 ± 0,4</b>	<b>43,6 ± 0,6</b>	<b>11,5 ± 0,1</b>
Сакмара	1	82,9 ± 2,2	50,4 ± 1,3	32,4 ± 0,9	11,2 ± 0,3
	2	79,6 ± 2,1	36,9 ± 1,0	42,7 ± 1,2	11,7 ± 0,3
	3	78 ± 2,1	46,1 ± 1,3	31,9 ± 0,9	11,9 ± 0,3
<b>Среднее</b>		<b>80,2 ± 1,4</b>	<b>44,5 ± 4,0</b>	<b>35,7 ± 3,5</b>	<b>11,6 ± 0,2</b>

Примечание: *W* – общая оводненность; *R* – водоудерживающая способность; *L* – содержание «подвижной» влаги; *Wg* – водный дефицит.

Influence of the preparation "Obereg" on the water regime of some varieties of chrysanthemum

Variety	Sample	Indicators of water regime			
		W	R	L	Wg
Anisa	1	83.6 ± 2.4	53.8 ± 1.6	29.8 ± 0.8	11.2 ± 0.3
	2	80.4 ± 2.2	48.6 ± 1.4	31.8 ± 0.9	11.6 ± 0.3
	3	78.6 ± 2.2	49.4 ± 1.5	29.2 ± 0.9	11.8 ± 0.3
<b>Average</b>		<b>80.9 ± 1.5</b>	<b>50.6 ± 1.6</b>	<b>30.3 ± 0.8</b>	<b>11.5 ± 0.2</b>
Bashkirochka	1	80 ± 2.0	43.8 ± 1.3	36.1 ± 0.9	11.6 ± 0.3
	2	79.8 ± 2.4	44.6 ± 1.3	35.2 ± 0.9	11.6 ± 0.3
	3	80.9 ± 2.0	52 ± 1.6	28.9 ± 0.7	11.5 ± 0.3
<b>Average</b>		<b>79.9 ± 0.1</b>	<b>46.8 ± 2.6</b>	<b>33.4 ± 2.3</b>	<b>11.6 ± 0.0</b>
Volny Agideli	1	77.5 ± 2.1	48 ± 1.4	29.5 ± 0.7	12 ± 0.3
	2	80.3 ± 2.1	54.9 ± 1.4	25.4 ± 0.6	11.6 ± 0.3
	3	76.3 ± 1.9	50.4 ± 1.5	25.9 ± 0.6	12.1 ± 0.3
<b>Average</b>		<b>78.0 ± 1.2</b>	<b>51.1 ± 2.0</b>	<b>26.9 ± 1.3</b>	<b>11.9 ± 0.2</b>
Doctor V. P. Putenikhin	1	75.9 ± 1.8	41.8 ± 1.1	34.1 ± 0.8	12.2 ± 0.3
	2	76.5 ± 1.9	40 ± 1.0	36.5 ± 0.9	12.1 ± 0.3
	3	77.3 ± 2.0	47.5 ± 1.2	29.8 ± 0.7	12 ± 0.3
<b>Average</b>		<b>76.6 ± 0.4</b>	<b>43.1 ± 2.3</b>	<b>33.5 ± 1.9</b>	<b>12.1 ± 0.0</b>
Zemfira	1	77.4 ± 2.3	45.2 ± 1.2	32.2 ± 0.8	12 ± 0.3
	2	78.7 ± 2.0	47.4 ± 1.3	31.3 ± 0.8	11.8 ± 0.3
	3	77.9 ± 2.0	46.2 ± 1.2	31.7 ± 0.8	12 ± 0.3
<b>Average</b>		<b>78.0 ± 0.4</b>	<b>46.3 ± 0.6</b>	<b>31.7 ± 0.3</b>	<b>11.9 ± 0.1</b>
Karaidel	1	75.4 ± 1.9	39.8 ± 1.0	35.6 ± 0.9	12.2 ± 0.3
	2	78.3 ± 2.0	47.8 ± 1.2	30.4 ± 0.8	11.9 ± 0.3
	3	75.8 ± 1.9	46.3 ± 1.2	29.5 ± 0.8	12.2 ± 0.3
<b>Average</b>		<b>76.5 ± 0.9</b>	<b>44.6 ± 2.4</b>	<b>31.8 ± 1.9</b>	<b>12.1 ± 0.1</b>
Pamyati A. K. Mubaryakova	1	78.9 ± 2.1	46.2 ± 1.1	32.6 ± 0.9	11.8 ± 0.3
	2	78.8 ± 2.1	39.4 ± 1.1	39.4 ± 1.2	11.8 ± 0.3
	3	79.8 ± 2.1	47.6 ± 1.4	32.1 ± 0.9	11.7 ± 0.3
<b>Average</b>		<b>79.2 ± 0.3</b>	<b>44.4 ± 2.5</b>	<b>34.7 ± 2.3</b>	<b>11.8 ± 0.0</b>
Polyanka	1	74.8 ± 2.2	49.6 ± 1.4	25.2 ± 0.7	12.3 ± 0.3
	2	77.4 ± 2.3	46.7 ± 1.4	30.7 ± 0.9	12 ± 0.3
	3	75.5 ± 2.2	47.4 ± 1.2	28.1 ± 0.8	12.2 ± 0.3
<b>Average</b>		<b>75.9 ± 0.8</b>	<b>47.9 ± 0.9</b>	<b>28.0 ± 1.6</b>	<b>12.2 ± 0.1</b>
Regina	1	79.5 ± 2.3	36.8 ± 1.1	42.5 ± 1.2	11.7 ± 0.3
	2	82.5 ± 2.4	37.9 ± 1.1	44.7 ± 1.3	11.3 ± 0.3
	3	81.9 ± 2.4	38.3 ± 1.1	43.5 ± 1.3	11.4 ± 0.3
<b>Average</b>		<b>81.3 ± 0.9</b>	<b>37.7 ± 0.4</b>	<b>43.6 ± 0.6</b>	<b>11.5 ± 0.1</b>
Sakmara	1	82.9 ± 2.2	50.4 ± 1.3	32.4 ± 0.9	11.2 ± 0.3
	2	79.6 ± 2.1	36.9 ± 1.0	42.7 ± 1.2	11.7 ± 0.3
	3	78 ± 2.1	46.1 ± 1.3	31.9 ± 0.9	11.9 ± 0.3
<b>Average</b>		<b>80.2 ± 1.4</b>	<b>44.5 ± 4.0</b>	<b>35.7 ± 3.5</b>	<b>11.6 ± 0.2</b>

Note: W - total water content; R - water-holding capacity; L - content of "mobile" moisture; Wg - water deficit.

Таблица 3

## Влияние препарата «Гуми-20» на водный режим некоторых сортов хризантемы

Сорт	Проба	Показатели водного режима			
		<i>W</i>	<i>R</i>	<i>L</i>	<i>Wg</i>
Аниса	1	80,6 ± 2,3	52,7 ± 1,4	28 ± 0,8	11,5 ± 0,3
	2	83,2 ± 2,1	45,4 ± 1,2	37,8 ± 1,1	11,2 ± 0,3
	3	79,3 ± 2,0	45,9 ± 1,2	33,3 ± 1,0	11,7 ± 0,3
<b>Среднее</b>		<b>81,0 ± 1,1</b>	<b>48,0 ± 2,3</b>	<b>33,0 ± 2,8</b>	<b>11,5 ± 0,1</b>
Башкирочка	1	76,8 ± 2,1	46,9 ± 1,4	30 ± 0,7	12,1 ± 0,3
	2	80,3 ± 2,2	47,1 ± 1,4	33,2 ± 0,8	11,6 ± 0,3
	3	81 ± 2,2	50,9 ± 1,5	30,1 ± 0,7	11,5 ± 0,3
<b>Среднее</b>		<b>79,4 ± 1,3</b>	<b>48,3 ± 1,3</b>	<b>31,1 ± 1,1</b>	<b>11,7 ± 0,2</b>
Волны Агидели	1	77,4 ± 2,0	51,2 ± 1,3	26,2 ± 0,8	12 ± 0,3
	2	78,2 ± 2,1	50,8 ± 1,3	27,4 ± 0,8	11,9 ± 0,3
	3	78,1 ± 2,1	50,7 ± 1,5	27,4 ± 0,8	11,9 ± 0,3
<b>Среднее</b>		<b>77,9 ± 0,2</b>	<b>50,9 ± 0,2</b>	<b>27,0 ± 0,4</b>	<b>11,9 ± 0,0</b>
Доктор В. П. Путенихин	1	72,7 ± 1,8	44 ± 1,1	28,7 ± 0,7	12,6 ± 0,3
	2	74,6 ± 1,9	45,8 ± 1,1	28,8 ± 0,7	12,4 ± 0,3
	3	79,2 ± 1,9	57,6 ± 1,4	21,6 ± 0,5	12,5 ± 0,3
<b>Среднее</b>		<b>75,5 ± 1,3</b>	<b>49,1 ± 4,3</b>	<b>26,4 ± 2,4</b>	<b>12,5 ± 0,1</b>
Земфира	1	76,5 ± 2,1	42,6 ± 1,2	33,8 ± 0,9	12,1 ± 0,3
	2	78,6 ± 2,1	42,7 ± 1,2	35,9 ± 1,0	12,4 ± 0,3
	3	76,2 ± 2,0	38,1 ± 1,1	38,1 ± 1,1	12,3 ± 0,3
<b>Среднее</b>		<b>77,1 ± 0,7</b>	<b>41,1 ± 1,5</b>	<b>35,9 ± 1,2</b>	<b>12,3 ± 0,1</b>
Караидель	1	76,4 ± 2,1	44,1 ± 1,3	32,3 ± 0,8	12,1 ± 0,3
	2	77,5 ± 2,0	45,4 ± 1,3	32,1 ± 0,8	11,9 ± 0,3
	3	77,4 ± 2,1	47,2 ± 1,2	30,2 ± 0,8	12 ± 0,3
<b>Среднее</b>		<b>77,1 ± 0,3</b>	<b>45,6 ± 0,9</b>	<b>31,5 ± 0,7</b>	<b>12,0 ± 0,1</b>
Памяти А. К. Мубарякова	1	86,9 ± 2,6	27,6 ± 0,8	56,3 ± 1,6	11,1 ± 0,3
	2	80,0 ± 2,4	44,9 ± 1,3	35,1 ± 1,0	11,6 ± 0,3
	3	79,0 ± 2,3	49,4 ± 1,4	29,6 ± 0,8	11,8 ± 0,3
<b>Среднее</b>		<b>82,0 ± 2,5</b>	<b>40,6 ± 6,6</b>	<b>40,3 ± 8,1</b>	<b>11,5 ± 0,2</b>
Полянка	1	74,3 ± 2,2	47 ± 1,4	27,3 ± 0,8	12,4 ± 0,3
	2	76,9 ± 2,3	40,5 ± 1,2	36,4 ± 1,0	12 ± 0,3
	3	73,4 ± 2,2	46 ± 1,3	27,4 ± 0,7	12,5 ± 0,3
<b>Среднее</b>		<b>74,9 ± 1,1</b>	<b>44,5 ± 2,0</b>	<b>30,4 ± 3,0</b>	<b>12,3 ± 0,1</b>
Регина	1	83,8 ± 2,5	49,7 ± 1,4	34,1 ± 1,0	11,2 ± 0,3
	2	80,0 ± 2,4	40,5 ± 1,2	39,5 ± 1,1	11,6 ± 0,3
	3	80,2 ± 2,1	45,8 ± 1,4	34,7 ± 1,0	11,6 ± 0,3
<b>Среднее</b>		<b>81,3 ± 1,2</b>	<b>45,3 ± 2,7</b>	<b>36,1 ± 1,7</b>	<b>11,5 ± 0,1</b>
Сакмара	1	80,3 ± 2,4	37,9 ± 1,1	42,3 ± 1,2	11,6 ± 0,3
	2	80,1 ± 2,4	34,1 ± 1,0	46,0 ± 1,3	11,6 ± 0,3
	3	78,9 ± 2,3	40,6 ± 1,2	38,3 ± 1,1	11,8 ± 0,3
<b>Среднее</b>		<b>79,8 ± 0,4</b>	<b>37,5 ± 1,9</b>	<b>42,2 ± 2,2</b>	<b>11,7 ± 0,1</b>

Примечание: *W* – общая оводненность; *R* – водоудерживающая способность; *L* – содержание «подвижной» влаги; *Wg* – водный дефицит.

Influence of the preparation "Gumi-20" on the water regime of some varieties of chrysanthemum

Variety	Sample	Indicators of water regime			
		W	R	L	Wg
Anisa	1	80.6 ± 2.3	52.7 ± 1.4	28 ± 0.8	11.5 ± 0.3
	2	83.2 ± 2.1	45.4 ± 1.2	37.8 ± 1.1	11.2 ± 0.3
	3	79.3 ± 2.0	45.9 ± 1.2	33.3 ± 1.0	11.7 ± 0.3
<b>Average</b>		<b>81.0 ± 1.1</b>	<b>48.0 ± 2.3</b>	<b>33.0 ± 2.8</b>	<b>11.5 ± 0.1</b>
Bashkirochka	1	76.8 ± 2.1	46.9 ± 1.4	30 ± 0.7	12.1 ± 0.3
	2	80.3 ± 2.2	47.1 ± 1.4	33.2 ± 0.8	11.6 ± 0.3
	3	81 ± 2.2	50.9 ± 1.5	30.1 ± 0.7	11.5 ± 0.3
<b>Average</b>		<b>79.4 ± 1.3</b>	<b>48.3 ± 1.3</b>	<b>31.1 ± 1.1</b>	<b>11.7 ± 0.2</b>
Volny Agideli	1	77.4 ± 2.0	51.2 ± 1.3	26.2 ± 0.8	12 ± 0.3
	2	78.2 ± 2.1	50.8 ± 1.3	27.4 ± 0.8	11.9 ± 0.3
	3	78.1 ± 2.1	50.7 ± 1.5	27.4 ± 0.8	11.9 ± 0.3
<b>Average</b>		<b>77.9 ± 0.2</b>	<b>50.9 ± 0.2</b>	<b>27.0 ± 0.4</b>	<b>11.9 ± 0.0</b>
Doctor V. P. Putenikhin	1	72.7 ± 1.8	44 ± 1.1	28.7 ± 0.7	12.6 ± 0.3
	2	74.6 ± 1.9	45.8 ± 1.1	28.8 ± 0.7	12.4 ± 0.3
	3	79.2 ± 1.9	57.6 ± 1.4	21.6 ± 0.5	12.5 ± 0.3
<b>Average</b>		<b>75.5 ± 1.3</b>	<b>49.1 ± 4.3</b>	<b>26.4 ± 2.4</b>	<b>12.5 ± 0.1</b>
Zemfira	1	76.5 ± 2.1	42.6 ± 1.2	33.8 ± 0.9	12.1 ± 0.3
	2	78.6 ± 2.1	42.7 ± 1.2	35.9 ± 1.0	12.4 ± 0.3
	3	76.2 ± 2.0	38.1 ± 1.1	38.1 ± 1.1	12.3 ± 0.3
<b>Average</b>		<b>77.1 ± 0.7</b>	<b>41.1 ± 1.5</b>	<b>35.9 ± 1.2</b>	<b>12.3 ± 0.1</b>
Karaidel	1	76.4 ± 2.1	44.1 ± 1.3	32.3 ± 0.8	12.1 ± 0.3
	2	77.5 ± 2.0	45.4 ± 1.3	32.1 ± 0.8	11.9 ± 0.3
	3	77.4 ± 2.1	47.2 ± 1.2	30.2 ± 0.8	12 ± 0.3
<b>Average</b>		<b>77.1 ± 0.3</b>	<b>45.6 ± 0.9</b>	<b>31.5 ± 0.7</b>	<b>12.0 ± 0.1</b>
Pamyati A. K. Mubaryakova	1	86.9 ± 2.6	27.6 ± 0.8	56.3 ± 1.6	11.1 ± 0.3
	2	80.0 ± 2.4	44.9 ± 1.3	35.1 ± 1.0	11.6 ± 0.3
	3	79.0 ± 2.3	49.4 ± 1.4	29.6 ± 0.8	11.8 ± 0.3
<b>Average</b>		<b>82.0 ± 2.5</b>	<b>40.6 ± 6.6</b>	<b>40.3 ± 8.1</b>	<b>11.5 ± 0.2</b>
Polyanka	1	74.3 ± 2.2	47 ± 1.4	27.3 ± 0.8	12.4 ± 0.3
	2	76.9 ± 2.3	40.5 ± 1.2	36.4 ± 1.0	12 ± 0.3
	3	73.4 ± 2.2	46 ± 1.3	27.4 ± 0.7	12.5 ± 0.3
<b>Average</b>		<b>74.9 ± 1.1</b>	<b>44.5 ± 2.0</b>	<b>30.4 ± 3.0</b>	<b>12.3 ± 0.1</b>
Regina	1	83.8 ± 2.5	49.7 ± 1.4	34.1 ± 1.0	11.2 ± 0.3
	2	80.0 ± 2.4	40.5 ± 1.2	39.5 ± 1.1	11.6 ± 0.3
	3	80.2 ± 2.1	45.8 ± 1.4	34.7 ± 1.0	11.6 ± 0.3
<b>Average</b>		<b>81.3 ± 1.2</b>	<b>45.3 ± 2.7</b>	<b>36.1 ± 1.7</b>	<b>11.5 ± 0.1</b>
Sakmara	1	80.3 ± 2.4	37.9 ± 1.1	42.3 ± 1.2	11.6 ± 0.3
	2	80.1 ± 2.4	34.1 ± 1.0	46.0 ± 1.3	11.6 ± 0.3
	3	78.9 ± 2.3	40.6 ± 1.2	38.3 ± 1.1	11.8 ± 0.3
<b>Average</b>		<b>79.8 ± 0.4</b>	<b>37.5 ± 1.9</b>	<b>42.2 ± 2.2</b>	<b>11.7 ± 0.1</b>

Note: W - total water content; R - water-holding capacity; L - content of "mobile" moisture; Wg - water deficit.

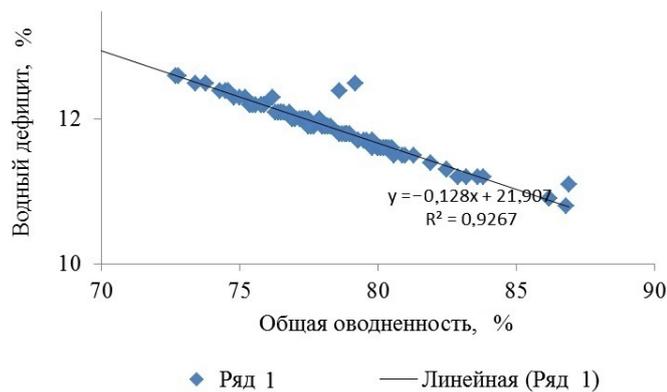


Рис. 1. Зависимость водного дефицита от общей оводненности

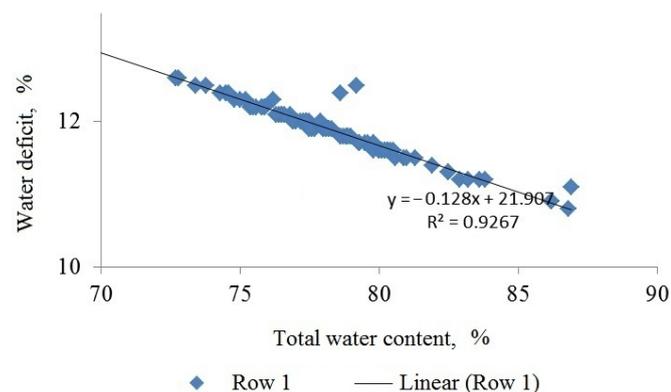


Fig. 1. Dependence of water deficit on total water content

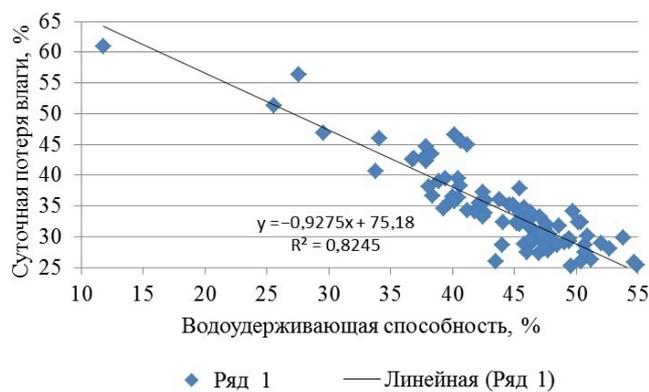


Рис. 2. Зависимость суточной потери влаги от водоудерживающей способности листьев

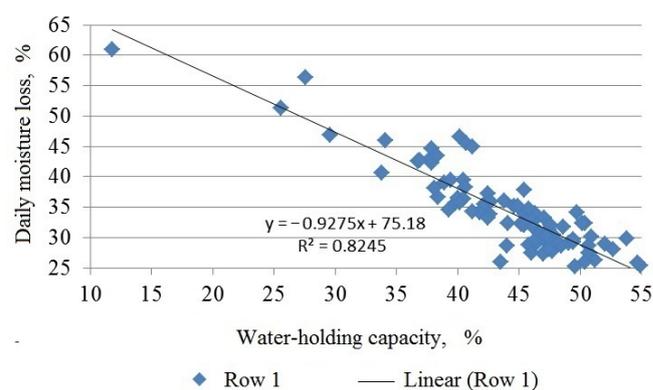


Fig. 2. Dependence of daily moisture loss on the water-holding capacity of leaves

Проведение корреляционно-регрессионного анализа позволило выявить, что показатели водного дефицита находятся в обратной зависимости от общей оводненности. Линия регрессии показывает, что при увеличении общей оводненности на 1,00 %, водный дефицит снижается в среднем на 0,12 %. Судя по коэффициенту детерминации (0,9267), примерно 96 % водного дефицита обусловлено изменениями общей оводненности и только 4 % изменений связано с другими факторами (рис. 1).

Также выявлена обратная зависимость суточной потери воды от водоудерживающей способности. Показано, что чем выше водоудерживающая способность, тем ниже суточная потеря влаги. Из уравнения и графика, представленного на рис. 2, следует, что при увеличении водоудерживающей способности на 1,00 % суточная потеря влаги снижается на 0,93 %. Рассчитанный коэффициент детерминации (0,8245) свидетельствует о том, что в 91 % случаев изменение суточной потери влаги зависит от водоудерживающей способности листьев.

#### Благодарности (Acknowledgements)

Работа выполнена по Программе фундаментальных исследований Президиума РАН «Биоразнообразие природных систем и биологические ресурсы России» и в рамках государственного задания ЮУБСИ УФИЦ РАН.

#### Библиографический список

1. Селиверстова Е. Н., Щегринцев Н. В. Хризантема мелкоцветковая в Ставропольском ботаническом саду // Вестник АПК Ставрополья. 2016. № 2 (22). С. 249–251.
2. Yuan H., Jiang S., Liu Y., Daniyal M., Jian Y., Peng C., Shen J., Liu S., Wang W. The flower head of *Chrysanthemum morifolium* Ramat. (Juhua): A paradigm of flowers serving as Chinese dietary herbal medicine // Journal of Ethnopharmacology. 2020. Vol. 261. P. 113043. DOI: 10.1016/j.jep.2020.113043.

3. Ахматов М. К. Вододерживающая способность, устойчивость листьев к обезвоживанию и водный дефицит как критерии устойчивости древесных растений к засухе // Школа Науки. 2018. № 6 (6). С. 4–8.
4. Ненько Н. И., Киселева Г. К., Ульяновская Е. В. Физиолого-биохимические критерии устойчивости яблони к абиотическим стрессам летнего периода // Сельскохозяйственная биология. 2019. Т. 54. Вып. 1. С. 158–168. DOI: 10.15389/agrobiology.2019.1.158rus.
5. Díaz-Barradas M. C., Gallego-Fernández J. B., Zunzunegui M. Plant response to water stress of native and non-native *Oenothera drummondii* populations // Plant Physiology and Biochemistry. 2020. Vol. 154. Pp. 219–228. DOI: 10.1016/j.plaphy.2020.06.001.
6. Власенко М. В., Трубакова К. Ю. Водный режим видов семейства *Poaceae* в условиях засухи // Аграрный вестник Урала. 2019. № 11 (190). С. 2–8. DOI: 10.32417/article\_5dcd861eb7f0a4.35513022.
7. Маляровская В. И. Особенности водного режима *Weigela x wagneri* L. H. Bailey на черноморском побережье Краснодарского края // Садоводство и виноградарство. 2015. Вып. 1. С. 23–26.
8. Некрасов Е. И., Ионова Е. В. Влияние водного и температурного стрессов на водный потенциал растений озимой пшеницы // Зерновое хозяйство России. 2016. Вып. 5. С. 59–62.
9. Lu Y., Yan Z., Li L., Gao C., Shao L. Selecting traits to improve the yield and water use efficiency of winter wheat under limited water supply // Agricultural Water Management. 2020. Vol. 242. P. 106410. DOI: 10.1016/j.agwat.2020.106410.
10. Новикова Н. Е., Зотиков В. И. Физиологические основы устойчивости сельскохозяйственных растений. Орел: Полиграфическая фирма «Картуш», 2015. 176 с.
11. Филатов В. Н. О применении ростовых веществ при размножении хризантемы корейской методом черенкования // Аграрный научный журнал. 2016. № 10. С. 41–45.
12. Жумадуллаева А. О., Джусипбеков У. Ж., Нургалиева Г. О., Баяхметова З. К. Использование гуматсодержащих композиций для выращивания цветочных культур // Актуальные вопросы развития отраслей сельского хозяйства: теория и практика: материалы II Всероссийской (с международным участием) научно-практической конференции молодых ученых АПК. Ростов-на-Дону – Таганрог, 2020. С. 38–42.
13. Агроклиматическое районирование Республики Башкортостан [Электронный ресурс]. URL: <http://www.meteorb.ru/agrometeorologiya/agroklimaticheskoe-rajonirovanie-respubliki-bashkortostan> (дата обращения: 15.07.2020).
14. Реут А. А., Бекшенева Л. Ф. Использование вододерживающей способности листьев для оценки засухоустойчивости пионов // Научные труды Чебоксарского филиала ГБС РАН. 2020. Вып. 15. С. 174–177.
15. Ожерельева З. Е., Гуляева А. А. Изучение параметров водного режима вишни в условиях засухи и теплового шока // Достижения науки и техники АПК. 2017. Вып. 8. С. 46–48.
16. Панфилова О. В., Голяева О. Д. Физиологические особенности адаптации сортов и отборных форм смородины красной к засухе и повышенным температурам // Сельскохозяйственная биология. 2017. Т. 52. Вып. 5. С. 1056–1064. DOI: 10.15389/agrobiology.2017.5.1056rus.

#### Об авторах:

Светлана Галимулловна Денисова<sup>1</sup>, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, ORCID 0000-0002-9005-9377, AuthorID 636056; +7 905 356-02-88, [svetik-7808@mail.ru](mailto:svetik-7808@mail.ru)

Антонина Анатольевна Реут<sup>1</sup>, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, ORCID 0000-0002-4809-6449, AuthorID 625318; +7 917 465-18-89, [cvetok.79@mail.ru](mailto:cvetok.79@mail.ru)

<sup>1</sup> Южно-Уральский ботанический сад-институт – обособленное структурное подразделение Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, Уфа, Россия

## Study of the influence of adaptogens on the water regime of some varieties of the genus *Chrysanthemum* L. during the introduction into the Bashkir Pre-Urals

S. G. Denisova<sup>1</sup>, A. A. Reut<sup>1</sup>✉

<sup>1</sup> South-Ural Botanical Garden-Institute – separate structural unit of Ufa Federal Research Centre of Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia

✉ E-mail: [cvetok.79@mail.ru](mailto:cvetok.79@mail.ru)

**Abstract. Purpose.** Study of the effect of anti-stress adaptogens on the water regime of some varieties of chrysanthemum in the conditions of the Bashkir Pre-Urals. **Methodology and methods.** The analysis of indicators of water regime is based on the method of artificial wilting (V. N. Tarenkov, L. N. Ivanova) and the method of saturation of plant samples (V. P. Moiseev, N. P. Reshetskij). Plants were processed once, and samples were taken in three terms. Calculations were carried out by standard methods using statistical packages of the Microsoft Excel 2003 and the Agros 2.13. **Results.** The dynamics of indicators of the water regime during the treatment with the preparations “Gumi-20” and “Obereg” is analyzed. An assessment of the total water

content, water retention capacity, daily moisture loss and water deficit of ten varieties of chrysanthemum bred by the South-Ural Botanical Garden-Institute of UFRC RAS in the period under study is given. Studies have shown that varieties of chrysanthemum in the Bashkir Ural under the same soil-climatic and agrotechnical conditions had the following indicators: total water content – 69.4–86.9 %, water-holding capacity – 25.6–53.8 %, daily moisture loss – 17.2–61.0 %, water deficit – 10.9–13.2 %. The use of anti-stress adaptogens did not have a significant effect on the parameters of the water regime, or their effect was variety-specific. As a result of the correlation-regression analysis, inverse relationships were revealed between the indicators of water deficit and the total water content, as well as between the daily water loss and water retention capacity. **Scientific novelty.** For the first time, the water regime of varieties of chrysanthemum of the SUBGI UFRC RAS selection was studied, the dependences of the water regime indicators were revealed, and the assessment of the expediency of using anti-stress adaptogens for certain varieties in the conditions of the Bashkir Pre-Urals was given.

**Keywords:** chrysanthemum, water regime; general hydration, water retention capacity, water deficit, Botanical Garden Institute, Bashkir Pre-Urals.

**For citation:** Denisova S. G., Reut A. A. Izuchenie vliyaniya adaptogenov na vodnyy rezhim nekotorykh sortov roda *Chrysanthemum* L. pri introduktsii v Bashkirskoe Predural'e [Study of the influence of adaptogens on the water regime of some varieties of the genus *Chrysanthemum* L. during the introduction into the Bashkir Pre-Urals] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2020. No. 11 (202). Pp. 2–13. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-202-11-2-13. (In Russian.)

### References

- Seliverstova E. N., Shchegrinets N. V. Khrizantema melkotsvetkovaya v Stavropolskom botanicheskom sadu [Small-flowered chrysanthemum in the Stavropol Botanical Garden] // Agricultural Bulletin of Stavropol Region. 2016. No. 2 (22). Pp. 249–251. (In Russian.)
- Yuan H., Jiang S., Liu Y., Daniyal M., Jian Y., Peng C., Shen J., Liu S., Wang W. The flower head of *Chrysanthemum morifolium* Ramat. (Juhua): A paradigm of flowers serving as Chinese dietary herbal medicine // Journal of Ethnopharmacology. 2020. Vol. 261. P. 113043. DOI: 10.1016/j.jep.2020.113043.
- Akhmatov M. K. Vodouderzhivayushchaya sposobnost', ustoychivost' listyev k obezvozhivaniyu i vodnyy defitsit kak kriterii ustoychivosti drevesnykh rasteniy k zasukhe [Water-holding capacity, leaf resistance to dehydration and water deficit as criteria for woody plant resistance to drought] // School of Science. 2018. No. 6 (6). Pp. 4–8. (In Russian.)
- Nenko N. I., Kiseleva G. K., Ulianovskaya E. V. Fiziologo-biokhimicheskiye kriterii ustoychivosti yabloni k abioticheskim stressam letnego perioda [Physiological and biochemical criteria of apple tree resistance to abiotic stresses of the summer period] // Agricultural Biology. 2019. T. 54. Vol. 1. Pp. 158–168. DOI: 10.15389/agrobio.2019.1.158rus. (In Russian.)
- Díaz-Barradas M. C., Gallego-Fernández J. B., Zunzunegui M. Plant response to water stress of native and non-native *Oenothera drummondii* populations // Plant Physiology and Biochemistry. 2020. Vol. 154. Pp. 219–228. DOI: 10.1016/j.plaphy.2020.06.001.
- Vlasenko M. V., Trubakova K. Yu. Vodnyy rezhim vidov semeystva *Poaceae* v usloviyakh zasukhi [Water regime of species of the family *Poaceae* under drought conditions] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2019. No. 11 (190). Pp. 2–8. DOI: 10.32417/article\_5dcd861eb7f0a4.35513022. (In Russian.)
- Malyarovskaya V. I. Osobennosti vodnogo rezhima *Weigela x wagneri* L.H. Bailey na chernomorskom poberezhye Krasnodarskogo kraya [Features of the water regime *Weigela x wagneri* L.H. Bailey on the Black Sea coast of Krasnodar Territory] // Horticulture and viticulture. 2015. Vol. 1. Pp. 23–26. (In Russian.)
- Nekrasov E. I., Ionova E. V. Vliyaniye vodnogo i temperaturnogo stressov na vodnyy potentsial rasteniy ozimoy pshenitsy [Influence of water and temperature stresses on the water potential of winter wheat plants] // Grain Economy of Russia. 2016. Vol. 5. Pp. 59–62. (In Russian.)
- Lu Y., Yan Z., Li L., Gao C., Shao L. Selecting traits to improve the yield and water use efficiency of winter wheat under limited water supply // Agricultural Water Management. 2020. Vol. 242. P. 106410. DOI: 10.1016/j.agwat.2020.106410.
- Novikova N. E., Zotikov V. I. Fiziologicheskiye osnovy ustoychivosti selskokhozyaystvennykh rasteniy [Physiological bases of resistance of agricultural plants]. Orel: Poligraficheskaya firma "Kartush", 2015. 176 p. (In Russian.)
- Filatov V. N. O primeneniі rostovykh veshchestv pri razmnozhenii khrizantemy koreyskoy metodom cherenkovaniya [On the use of growth substances in the reproduction of Korean chrysanthemum by cuttings] // Agrarian Scientific Journal. 2016. No. 10. Pp. 41–45. (In Russian.)
- Zhumadullayeva A. O., Dzhusipbekov U. Zh., Nurgaliyeva G. O., Bayakhmetova Z. K. Ispolzovaniye gumatsoderzhashchikh kompozitsiy dlya vyrashchivaniya tsvetochnykh kultur [Use of humate-containing compositions for growing flower crops] // Aktualnyye voprosy razvitiya otrasley selskogo khozyaystva: teoriya i praktika: materialy II Vserossiyskoy (s mezh-dunarodnym uchastiyem) nauchno-prakticheskoy konferentsii molodykh uchenykh APK. Rostov-na-Donu – Taganrog, 2020. Pp. 38–42. (In Russian.)
- Agroklimaticheskoye rayonirovaniye Respubliki Bashkortostan [Agroclimatic zoning of the Republic of Bashkortostan] [e-resource] URL: <http://www.meteorb.ru/agrometeorologiya/agroklimaticheskoe-rajonirovanie-respubliki-bashkortostan> (appeal date: 15.07.2020). (In Russian.)

14. Reut A. A., Beksheneva L. F. Ispol'zovaniye vodouderzhivayushchey sposobnosti list'yev dlya otsenki zasukhoustoychivosti pionov [Using the water-holding capacity of leaves to assess the drought tolerance of peonies] // Nauchnyye trudy Cherbokskarskogo filiala GBS RAN. 2020. Vol. 15. Pp. 174–177. (In Russian.)
15. Ozherel'yeva Z. E., Gulyayeva A. A. Izucheniye parametrov vodnogo rezhima vishni v usloviyakh zasukhi i teplovogo shoka [Study of the parameters of the water regime of cherry trees in conditions of drought and heat shock] // Achievements of Science and Technology of AIC. 2017. Vol. 8. Pp. 46–48. (In Russian.)
16. Panfilova O. V., Golyayeva O. D. Fiziologicheskiye osobennosti adaptatsii sortov i otbornykh form smorodiny krasnoy k zasukhe i povyshennym temperaturam [Physiological features of adaptation of varieties and selected forms of red currant to drought and high temperatures] // Agricultural Biology. 2017. T. 52. Vol. 5. Pp. 1056–1064. DOI: 10.15389/agrobiology.2017.5.1056rus (In Russian.)

**Authors' information:**

Svetlana G. Denisova<sup>1</sup>, candidate of biological sciences, senior researcher, ORCID 0000-0002-9005-9377, AuthorID 636056; +7 905 356-02-88, [svetik-7808@mail.ru](mailto:svetik-7808@mail.ru)

Antonina A. Reut<sup>1</sup>, candidate of biological sciences, leading researcher, ORCID 0000-0002-4809-6449, AuthorID 625318; +7 917 465-18-89, [cvetok.79@mail.ru](mailto:cvetok.79@mail.ru),

<sup>1</sup> South-Ural Botanical Garden-Institute – separate structural unit of Ufa Federal Research Centre of Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia

## Продуктивность сорго зернового в зависимости от применения гербицидов

О. Н. Курдюкова<sup>1</sup>✉, А. В. Барановский<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Ленинградский государственный университет имени А. С. Пушкина, Пушкин, Россия

<sup>2</sup> Луганский государственный аграрный университет, Луганск, Украина

✉ E-mail: herbology8@gmail.com

**Аннотация.** Цель работы – установить эффективность контроля сорных растений в посевах сорго зернового гербицидами почвенного и листового действия. **Новизна.** Впервые в посевах сорго для контроля сорняков определены эффективные сочетания гербицидов почвенного и листового действия. **Методы.** Опыты проводили на черноземных почвах степной зоны Украины. Методики исследований общепринятые. Контролем служили варианты без гербицидов и без сорных растений. **Результаты.** В фазу кущения в посевах сорго количество сорняков достигало 141 шт/м<sup>2</sup>, их воздушно-сухая масса – 218 г/м<sup>2</sup>. В посевах преобладали щирица запрокинутая (*Amaranthus retroflexus*), марь белая (*Chenopodium album*), горчица полевая (*Sinapis arvensis*), амброзия полынолистная (*Ambrosia artemisiifolia*), ежовник обыкновенный (*Echinochloa crus-galli*), щетинник зеленый (*Setaria viridis*) и др. Максимальное снижение засоренности посевов сорго зернового обеспечивало применение гербицидов листового действия «Агритокс» (1 л/га), «Балерина» (0,4 л/га) и «Диален Супер» (0,7 л/га) в фазу 3–5 листьев в культуре на фоне гербицида почвенного действия «Примекстра Голд» (3 л/га), внесенного до посева. Число сорных растений к уборке урожая от их применения снижалось по сравнению с вариантами без применения мер контроля сорняков в 10,4–19,7 раза, а их масса – в 4,1–4,8 раза. За счет снижения засоренности посевов сорго улучшались условия роста и развития растений. Период вегетации культуры сокращался со 125 до 114 суток, высота растений увеличивались на 19–21 см, их масса – в 2,7–2,8 раза. Урожайность зерна сорго достигала 6,32–6,34 т/га, что выше, чем на вариантах без применения мер контроля сорных растений на 4,01–4,30 т/га, или в 3,0–3,1 раза. Аналогичные результаты получены в условиях производства.

**Ключевые слова:** сорго зерновое (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), сорные растения, гербициды, рост, развитие растений, урожай зерна, структура урожая.

**Для цитирования:** Курдюкова О. Н., Барановский А. В. Продуктивность сорго зернового в зависимости от применения гербицидов // Аграрный вестник Урала. 2020. № 11 (202). С. 14–20. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-202-11-14-20.

**Дата поступления статьи:** 22.09.2020.

### Постановка проблемы (Introduction)

При возделывании сорго главным фактором, снижающим эффективность всех технологических приемов, направленных на повышение урожайности зерна (сорта, удобрения, обработка почвы и др.), считается высокая засоренность посевов [1, с. 168], [2, с. 97].

Общее число сорных растений в различных районах Приволжского и Южного федеральных округов России, а также сопредельных областях Украины, где сосредоточены основные площади производства сорго, достигало 54–93 видов, а плотность их в фазу всходов культуры – от 141 до 716 шт/м<sup>2</sup> [3, с. 48], [4, с. 78], тогда как экономический порог вредоносности сорных растений в посевах сорго зернового при смешанном типе засоренности составлял 10–15 шт/м<sup>2</sup> [4, с. 78–79], [5, с. 51].

С повышением засоренности посевов с 15 до 60 шт/м<sup>2</sup> урожайность зерна сорго уменьшалась на 70–80 %, а при сильной засоренности – в 2,5–3,0 раза. Содержание белка в зерне снижалось с 12,8 до 9,00 % [6, с. 19], [7, с. 34], [8, р. 1747].

Это связано с тем, что растения сорго на ранних этапах развития очень медленно развиваются и без надлежащего контроля сорных растений сильно угнетаются быстро растущими сорняками, отстают в росте и развитии и в конечном итоге формируют очень низкий урожай зерна [1, с. 286]. Поэтому уничтожение сорных растений при возделывании зернового сорго имеет решающее значение в получении высоких и стабильных урожаев [8, р. 1750].

Определяющее место в системе эффективного контроля сорных растений в посевах сорго занимают химические меры [9, р. 6]. Многолетними исследованиями и практикой убедительно доказано, что применение гербицидов при выращивании сравнительно низкорослого зернового сорго является обязательным приемом [9, р. 8], [10, р. 1645], [11, с. 37–38], [12, с. 29–30].

В настоящее время для контроля сорной растительности в посевах сорговых культур в «Государственном каталоге пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации», рекомендуются гербициды, предназначенные для контроля

двудольных сорных растений после всходов культуры, а почвенных гербицидов, в том числе рекомендованных для борьбы со злаковыми сорняками в посевах сорго, в каталоге не имеется [13, с. 345–657].

В связи с этим целью наших исследований было установить возможность эффективного раздельного и совместного применения гербицидов почвенного и листового действия на засоренность посевов и урожайность зернового сорго.

#### Методология и методы исследования (Methods)

Полевые опыты проводили в степных засушливых условиях на базе опытного поля Луганского национального аграрного университета в период 2013–2019 гг. Почва опытного участка – чернозем обыкновенный маломощный слабосмытый на лессовидном суглинке. Агротехника в опыте общепринятая для условий степной зоны [6, с. 3–27], [7, с. 5–51]. Учеты, наблюдения, анализы проводились в соответствии с общепринятой методикой полевого эксперимента [14, с. 35–131], [15, с. 43–48]. Схема опыта включала гербициды листового действия: «Пик», 75 % ВДГ (20 г/га), «Прима», 36 % СЭ (0,5 л/га), «Агритокс», 50 % ВК (1,0 л/га), «Балерина», 48 % СЭ (0,4 л/га), «Диален Супер», 46 % ВР (0,7 л/га) на фоне почвенных гербицидов «Дуал Голд», 96 % КЭ (1,8 л/га) и «Примекстра Голд», 72 % КС (3,0 л/га). Контролем служили варианты без гербицидов (контроль 1) и без сорных растений (три ручных прополки) (контроль 2).

Опыт проводили в трехкратной повторности. Площадь посевной делянки – 42 м<sup>2</sup>, учетной – 33 м<sup>2</sup>. Минеральные удобрения вносили осенью под вспашку (P<sub>40</sub>) и весной под ранневесеннюю культивацию (N<sub>60</sub>). Гербициды почвенного действия применяли под предпосевную культивацию, листового – в фазу кушения растений сорго. Посев сорго зернового (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), гибрида Спринт проводили в первой декаде мая. Густота стояния растений – 130–140 тыс./га.

Метеорологические условия в годы проведения опытов были различными. По степени увлажнения 2014 и 2016 гг. были влажными: ГТК – 1,03–1,14, 2013 и 2015 гг. – засушливыми: ГТК – 0,56–0,58, 2018 гг. – острозасушливым: ГТК – 0,48. Условия увлажнения 2017 и 2019 гг. были близкими к средним многолетним значениям: ГТК – 0,9. Суммы активных температур (≥ 10 °С) за май – сентябрь составляли от 3553 °С (2014 г.) до 4168 °С (2013 г.) при средней многолетней норме – 3448 °С.

#### Результаты (Results)

Учет засоренности посевов сорго показал, что в фазу кушения, перед внесением гербицидов листового действия или применением механических мер контроля в среднем по всем вариантам опыты, кроме делянок с ручными прополками и почвенными гербицидами, количество сорняков достигало 141 шт/м<sup>2</sup>, их воздушно-сухая масса 218 г/м<sup>2</sup>. Засоренность характеризовалась как очень высокая.

В посевах преобладали такие малолетние виды сорных растений, как щирица запрокинутая (*Amaranthus retroflexus* L.), щирица жминдовидная (*Amaranthus blitoides* S. Wats.), марь белая (*Chenopodium album* L.), горчица полевая (*Sinapis arvensis* L.), гречишка вьюнковая (*Fal-*

*lopia convolvulus* (L.). A. Löve), амброзия полынолистная (*Ambrosia artemisiifolia* L.), ежовник обыкновенный (*Echinochloa crus-galli* (L.) P. Beauv.), щетинник зеленый (*Setaria viridis* (L.) P. Beauv.), щетинник сизый, или щетинник малый (*Setaria helvola* (L. f.) Roem. & Schult.), и др. Засоренность многолетними сорняками, такими как бодяк полевой (*Cirsium arvense* (L.) Scop.), вьюнок полевой (*Convolvulus arvensis* L., лагук татарский (*Lactuca tatarica* (L.) C. A. Meyer и др.) была низкой – 0,3–0,8 шт/м<sup>2</sup>, а их сырая масса не превышала 9,6–12,4 г/м<sup>2</sup>. Масса культурных растений в это время составляла 38,0–45,0 г/м<sup>2</sup> в сыром и 6,2–8,0 г/м<sup>2</sup> в воздушно-сухом состоянии, или была в 27,2–35,2 раз меньше от общей массы сорных растений на посевах сорго с делянок без применения мер контроля сорных растений и в 8,8–6,8 и 3,1–2,4 раза меньше в сравнении с посевами, под которые вносили гербициды.

На вариантах применения почвенных гербицидов «Дуал Голд» и «Примекстра Голд» количество сорняков уменьшалось в среднем до 47,3–39,5 шт/м<sup>2</sup>, или на 66,4–72,0 %, а их средняя масса в воздушно-сухом состоянии снижалась до 54,5–19,3 г/м<sup>2</sup>, или на 75,0–91,1 %.

Применение только гербицидов листового действия также не обеспечивало полного уничтожения сорной растительности, в частности таких злаковых видов, как ежовник обыкновенный (*E. crus-galli*), щетинник зеленый (*S. viridis*), щетинник сизый, или щетинник малый (*S. helvola*), и других, хорошо приспособленных к произрастанию в посевах сорго.

И только использование гербицидов почвенного, а затем листового действия обеспечивало наиболее полное уничтожение в посевах сорных растений (таблица 1).

К фазе полной спелости зерна засоренность посевов сорго на вариантах без применения гербицидов по-прежнему оставалась очень высокой с преобладанием в посевах как малолетних двудольных, так и злаковых видов – щирицы запрокинутой (*A. retroflexus*), щирицы жминдовидной (*A. blitoides*), ежовника обыкновенного (*E. crus-galli*), щетинника зеленого (*S. viridis*), щетинника сизого, или щетинника малого (*S. helvola*), и др.

При внесении гербицидов почвенного действия «Дуал Голд» в сравнении с контролем 1 число сорных растений уменьшалась с 197 шт/м<sup>2</sup> до 28 шт/м<sup>2</sup> или в 7,1 раза, их воздушно-сухая масса снижалась с 454 г/м<sup>2</sup> до 180 г/м<sup>2</sup>, или в 2,5 раза, а гербицида «Примекстра Голд» – обеспечивало снижение числа сорных растений в 10,9 раза, а их массы – в 3,3 раза.

Применение только гербицидов листового действия «Балерина», «Агритокс», «Диален Супер» и других также приводило к заметному снижению числа и массы сорных растений. Однако злаковые малолетние сорные растения ежовник обыкновенный (*E. crus-galli*), щетинник зеленый (*S. viridis*), щетинник сизый, или щетинник малый (*S. helvola*), и другие контролировались этими гербицидами недостаточно. Число этих и других сорных видов перед уборкой урожая достигало 87–132 шт/м<sup>2</sup>, а их масса – 250–305 г/м<sup>2</sup>.

Наиболее эффективный контроль сорных растений в посевах сорго зернового был достигнут при комплексном применении гербицидов почвенного и листового дей-

ствия. Причем наилучшим было сочетание гербицидов почвенного действия «Примекстра Голд» и листового действия «Прима», «Агритокс» и «Балерина», при котором засоренность посевов по числу сорных растений снижалась в сравнении с контролем в 8–10, а по массе – в 5,0–5,6 раза, но несколько уступала контролю 2.

Продолжительность роста и развития сорго при высокой засоренности посевов вследствие угнетения растений увеличивалась в сравнении с делянками, свободными от сорных растений, на 10–12 суток, тогда как при использовании гербицидов период вегетации сокращался и составлял 114–116 суток.

Учет урожая посевов сорго в фазе полной спелости также подтвердил высокий эффект от применения почвенных гербицидов в сочетании с препаратами листового действия (таблица 2).

Так, применение только гербицидов листового действия повышало урожайность зерна сорго в сравнении с посевами без применения мер контроля сорняков на 1,16–1,43 т/га (на 56,8–70,1%), только почвенных – на 2,27–2,64 т/га (на 111,3–129,4%), тогда как при сочетании препарата почвенного действия «Примекстра Голд» в допосевной период и листового действия «Диален Супер» или «Балерина» в фазе 3–5 листьев обеспечивало получение общей прибавки урожая зерна в 4,28–4,30 т/га, что выше урожайности на контроле в 3,10–3,11 раза.

Таблица 1

Влияние гербицидов на засоренность посевов, рост и развитие растений сорго зернового

Гербициды		Фаза кушения		Перед уборкой		Период вегетации, суток	Высота растений, см	Масса растений, г/м <sup>2</sup>
Почвенного действия	Листового действия	шт/м <sup>2</sup>	г/м <sup>2</sup>	шт/м <sup>2</sup>	г/м <sup>2</sup>			
Без гербицидов	Без гербицида	204	293	197	454	125	78	545
	3 ручных прополки	119	105	56	57	113	102	1611
	«Пик» (20 г/га)	126	209	98	250	119	93	875
	«Прима» (0,5 л/га)	131	222	87	305	118	93	889
	«Агритокс» (1 л/га)	132	176	124	287	118	94	1101
	«Балерина» (0,4 л/га)	105	202	91	266	118	94	926
	«Диален Супер» (0,7 л/га)	146	208	132	279	118	94	954
«Дуал Голд» (1,8 л/га)	Без гербицида	51	43	28	180	118	93	1112
	3 ручных прополки	52	54	333	45	113	104	1648
	«Пик» (20 г/га)	47	57	21	123	116	96	1343
	«Прима» (0,5 л/га)	48	39	18	104	115	95	1436
	«Агритокс» (1 л/га)	51	39	32	134	115	96	1481
	«Балерина» (0,4 л/га)	44	77	58	121	115	96	1427
	«Диален Супер» (0,7 л/га)	43	72	43	124	115	99	1404
«Примекстра Голд» (3 л/га)	Без гербицида	43	25	18	139	117	91	1204
	3 ручных прополки	37	19	39	35	113	103	1620
	«Пик» (20 г/га)	46	23	25	92	115	98	1321
	«Прима» (0,5 л/га)	40	11	20	81	114	97	1456
	«Агритокс» (1 л/га)	42	14	19	96	114	99	1545
	«Балерина» (0,4 л/га)	36	14	17	112	114	97	1523
	«Диален Супер» (0,7 л/га)	30	30	10	104	114	99	1505

Table 1

Influence of herbicides on weediness of crops, growth and development of grain sorghum plants

Herbicides		Tillering phase		Before harvesting		Vegetation period, days	Plant height, cm	Plant weight, g/m <sup>2</sup>
Of soil action	Of leaf action	pcs/m <sup>2</sup>	g/m <sup>2</sup>	pcs/m <sup>2</sup>	g/m <sup>2</sup>			
No herbicides	No herbicides	204	293	197	454	125	78	545
	3 manual weeding	119	105	56	57	113	102	1611
	“Pik” (20 g/ha)	126	209	98	250	119	93	875
	“Prima” (0,5 l/ha)	131	222	87	305	118	93	889
	“Agritoks” (1 l/ha)	132	176	124	287	118	94	1101
	“Balerina” (0,4 l/ha)	105	202	91	266	118	94	926
	“Dialen Super” (0,7 l/ha)	146	208	132	279	118	94	954
“Dual Gold” (1,8 l/ha)	No herbicides	51	43	28	180	118	93	1112
	3 manual weeding	52	54	333	45	113	104	1648
	“Pik” (20 g/ha)	47	57	21	123	116	96	1343
	“Prima” (0,5 l/ha)	48	39	18	104	115	95	1436
	“Agritoks” (1 l/ha)	51	39	32	134	115	96	1481
	“Balerina” (0,4 l/ha)	44	77	58	121	115	96	1427
	“Dialen Super” (0,7 l/ha)	43	72	43	124	115	99	1404
“Primekstra Gold” (3 l/ha)	No herbicides	43	25	18	139	117	91	1204
	3 manual weeding	37	19	39	35	113	103	1620
	“Pik” (20 g/ha)	46	23	25	92	115	98	1321
	“Prima” (0,5 l/ha)	40	11	20	81	114	97	1456
	“Agritoks” (1 l/ha)	42	14	19	96	114	99	1545
	“Balerina” (0,4 l/ha)	36	14	17	112	114	97	1523
	“Dialen Super” (0,7 l/ha)	30	30	10	104	114	99	1505

## Урожайность и структура урожая зерна сорго в зависимости от применения гербицидов

Гербициды		Продуктивных стеблей, шт./м <sup>2</sup>	Масса 1000 зерен, г	Параметры метелки				Урожайность зерна, т/га
Почвенные (фактор А)	Страховые (фактор В)			Длина, см	Масса, г	Число зерен, шт.	Масса зерна, г	
Без гербицида	Без гербицида	12,5	24,2	20,1	20,6	758	16,4	2,04
	3 ручных прополки	14,7	25,1	27,6	51,0	1955	47,7	6,68
	«Пик» (20 г/га)	14,3	23,8	23,3	30,1	1096	24,8	3,26
	«Прима» (0,5 л/га)	14,2	23,8	23,6	32,3	1160	26,4	3,25
	«Агритокс» (1 л/га)	14,5	23,6	24,0	32,5	1160	26,3	3,20
	«Балерина» (0,4 л/га)	14,7	23,9	24,1	33,4	1196	26,9	3,41
«Дуал Голд» (1,8 л/га)	«Диален Супер» (0,7 л/га)	14,6	24,3	24,5	34,0	1205	27,6	3,47
	Без гербицида	14,2	23,8	23,0	38,1	1365	30,6	4,31
	3 ручных прополки	16,3	24,9	27,7	53,0	1779	43,0	6,82
	«Пик» (20 г/га)	16,4	23,6	25,7	45,1	1639	36,0	5,58
	«Прима» (0,5 л/га)	16,0	23,7	25,4	45,6	1635	37,0	5,81
	«Агритокс» (1 л/га)	15,1	24,1	27,1	49,1	1714	40,1	5,74
«Примекстра» Голд (3 л/га)	«Балерина» (0,4 л/га)	15,9	24,1	25,7	48,5	1703	39,4	5,90
	«Диален Супер» (0,7 л/га)	15,5	24,4	27,0	47,9	1696	39,5	6,00
	Без гербицида	14,1	23,9	23,7	39,6	1458	33,4	4,68
	3 ручных прополки	15,6	25,1	28,4	54,9	1959	47,9	6,97
	«Пик» (20 г/га)	14,9	23,8	26,7	50,1	1796	41,4	5,93
	«Прима» (0,5 л/га)	15,1	24,0	26,8	52,8	1884	43,3	6,17
НСР <sub>05</sub> для гербицидов почвенного действия	«Агритокс» (1 л/га)	15,5	24,3	26,4	49,4	1789	42,0	6,05
	«Балерина» (0,4 л/га)	15,8	24,5	26,1	50,7	1814	41,8	6,32
	«Диален Супер» (0,7 л/га)	15,4	24,3	26,9	53,6	1876	43,8	6,34
	НСР <sub>05</sub> для гербицидов листового действия							0,18
	НСР <sub>05</sub> для взаимодействия							0,36

Table 2  
Yield and structure of sorghum grain yield depending on the use of herbicides

Herbicides		Productive stems, pcs./m <sup>2</sup>	Weight of 1000 grains, g	Panicle parameters				Grain yield, t/ha
Soil (factor A)	Insurance (factor B)			Length, cm	Weight, g	Number of grains, pcs.	Grain weight, g	
No herbicides	No herbicides	12.5	24.2	20.1	20.6	758	16.4	2.04
	3 manual weeding	14.7	25.1	27.6	51.0	1955	47.7	6.68
	"Pik" (20 g/ha)	14.3	23.8	23.3	30.1	1096	24.8	3.26
	"Prima" (0.5 l/ha)	14.2	23.8	23.6	32.3	1160	26.4	3.25
	"Agritoks" (1 l/ha)	14.5	23.6	24.0	32.5	1160	26.3	3.20
	"Balerina" (0.4 l/ha)	14.7	23.9	24.1	33.4	1196	26.9	3.41
"Dual Gold" (1,8 l/ha)	"Dialen Super" (0.7 l/ha)	14.6	24.3	24.5	34.0	1205	27.6	3.47
	No herbicides	14.2	23.8	23.0	38.1	1365	30.6	4.31
	3 manual weeding	16.3	24.9	27.7	53.0	1779	43.0	6.82
	"Pik" (20 g/ha)	16.4	23.6	25.7	45.1	1639	36.0	5.58
	"Prima" (0.5 l/ha)	16.0	23.7	25.4	45.6	1635	37.0	5.81
	"Agritoks" (1 l/ha)	15.1	24.1	27.1	49.1	1714	40.1	5.74
"Primekstra Gold" (3 l/ha)	"Balerina" (0.4 l/ha)	15.9	24.1	25.7	48.5	1703	39.4	5.90
	"Dialen Super" (0.7 l/ha)	15.5	24.4	27.0	47.9	1696	39.5	6.00
	No herbicides	14.1	23.9	23.7	39.6	1458	33.4	4.68
	3 manual weeding	15.6	25.1	28.4	54.9	1959	47.9	6.97
	"Pik" (20 g/ha)	14.9	23.8	26.7	50.1	1796	41.4	5.93
	"Prima" (0.5 l/ha)	15.1	24.0	26.8	52.8	1884	43.3	6.17
LSD <sub>05</sub> for herbicides of soil action	"Agritoks" (1 l/ha)	15.5	24.3	26.4	49.4	1789	42.0	6.05
	"Balerina" (0.4 l/ha)	15.8	24.5	26.1	50.7	1814	41.8	6.32
	"Dialen Super" (0.7 l/ha)	15.4	24.3	26.9	53.6	1876	43.8	6.34
	LSD <sub>05</sub> for herbicides of leaf action							0.18
	LSD <sub>05</sub> for interaction							0.36

За счет уничтожения сорняков в посевах сорго почвенными гербицидами масса растений сорго с 1 м<sup>2</sup> повышалась на 567–659 г (в 2,0–2,2 раза), масса зерна с метелки – на 14,2–17,0 г (в 1,9–2,0 раза), высота растений – на 15,5–13,8 см (в 1,20–1,18 раза). Среди гербицидов листового действия лучшие показатели структуры урожая обеспечивали «Агритокс», «Балерина», «Диален Супер». Максимальные показатели продуктивности были получены на вариантах применения этих же гербицидов на фоне гербицида «Примекстра Голд». Густота продуктивного стеблестоя превышала 15 шт/м<sup>2</sup>, воздушно-сухая масса растений достигла 1500 г/м<sup>2</sup>, количество зерен в метелке было на уровне 1800 шт. и более, а их масса – более 40 г.

В производственных опытах, проведенных в течение 2017–2019 гг. в КФХ «Новая Надежда» Ростовской области и «Житница» Луганской области, урожайность зерна сорго гибрида Самба от применения гербицидов листового действия «Балерина» (0,4 л/га) и «Диален Супер» (0,7 л/га) в фазе 4–5 листьев в культуре на фоне гербицида почвенного действия «Примекстра Голд» (3 л/га), внесенного под предпосевную культивацию почвы, достига-

ла соответственно 4,65 и 5,16 т/га, что на 22–24 % выше, чем варианте до- и послеуборочного боронования и двух междурядных культиваций.

#### Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Действенным приемом снижения засоренности посевов сорго зернового является применение гербицидов листового действия «Агритокс» (1 л/га), «Балерина» (0,4 л/га) и «Диален Супер» (0,7 л/га) в фазе 3–5 листьев в культуре на фоне гербицида почвенного действия «Примекстра Голд» (3 л/га), внесенного до посева. Число сорных растений к уборке урожая от их применения снижается по сравнению с вариантами без применения мер контроля сорняков в 10,4–19,7 раза, а их масса – в 4,1–4,8 раза. За счет снижения засоренности посевов сорго период вегетации культуры сокращался со 125 до 114 суток, высота растений увеличивались на 19–21 см, их масса – в 2,7–2,8 раза. Урожайность зерна сорго достигала 6,32–6,34 т/га. Достигнутый сбор зерна сорго превысил уровень урожайности культуры на контроле на 4,01–4,30 т/га, или в 3,0–3,1 раза.

#### Библиографический список

1. Ciampitti I. A., Vara Prasad V. P. Sorghum: State of the Art and Future Perspectives (Agronomy Monographs). 1st ed. Madison, Wisconsin: American Society of Agronomy: Crop Science Society of America: Soil Science Society of America, 2019. 528 p.
2. Оказова З. П., Икоева В. А. Влияние численности сорных растений на урожайность сахарного сорго в Лесостепной зоне республики Северная Осетия-Алания // Успехи современного естествознания. 2016. № 3. С. 94–97.
3. Ковтунов В. В. Посевная площадь и урожайность сорго зернового // Зерновое хозяйство России. 2018. № 3. С. 47–49. DOI: 10.31367/2079-8725-2018-57-3-47-49.
4. Курдюкова О. Н. Система основной обработки почвы и засоренность посевов в севообороте // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2016. № 2. С. 76–81.
5. Алехин В. Т., Михайликова В. В., Михина Н. Г. Экономические пороги вредоносности вредителей, болезней и сорных растений в посевах сельскохозяйственных культур: справочник. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2016. 76 с.
6. Рекомендации по технологии возделывания сорго зернового, сахарного и суданской травы / А. В. Алабушев, Н. А. Ковтунова, В. В. Ковтунов [и др.]. Саратов: ООО «Амирит», 2018. 28 с.
7. Барановский А. В., Денисенко А. И., Дранищев Н. И. Рекомендации по технологии возделывания и использования сорговых культур (научно-практические рекомендации). Луганск: ЛНАУ: ООО «Копир-центр Луганск», 2014. 56 с.
8. Mesbah A., Nilahyane A., Ghimire B., Beck L., Ghimire R. Efficacy of Cover Crops on Weed Suppression, Wheat Yield, and Water Conservation in Winter Wheat–Sorghum–Fallow // Crop Science. 2019. Vol. 59 (4). Pp. 1745–1752. DOI: 10.2135/cropsci2018.12.0753.
9. Bararpour T., Hale R. R., Kaur G., et al. Weed Management Programs in Grain Sorghum (*Sorghum bicolor*) // Agriculture. 2019. Vol. 9 (8). Pp. 1–13. DOI: 10.3390/agriculture9080182.
10. Besançon T., Heiniger R., Weisz R., Everman W. Weed Response to Agronomic Practices and Herbicide Strategies in Grain Sorghum // Agronomy. 2017. Vol. 109 (4). Pp. 1642–1650. DOI: 10.2134/agronj2016.06.0363.
11. Кадималиев М. М., Мусаев И. А., Магомедов Ш. М. Влияние гербицидов на засоренность и урожай сахарного сорго // Агротехнический вестник. 2008. № 6. С. 37–38.
12. Ионова Л. П. Энергосберегающая технология выращивания сорго в условиях Астраханской области // Успехи современного естествознания. 2010. № 4. С. 27–30.
13. Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации. М., 2017. 938 с.
14. Основы научных исследований в агрономии / В. Ф. Моисейченко, М. Ф. Трифонова, А. Х. Заверюха [и др.]. М.: Колос, 1996. 336 с.
15. Голубев В. В., Кудрявцев А. В., Фирсов А. С., Сафонов М. А. Методика проведения агротехнического полевого опыта // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2017. № 4. С. 43–48. DOI: 10.22314/2073-7599-2017-4-43-48.

#### Об авторах:

Ольга Николаевна Курдюкова<sup>1</sup>, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры естествознания и географии, ORCID 0000-0001-7500-8275, AuthorID 718683; +7 952 577-74-76, herbology8@gmail.com

Александр Васильевич Барановский<sup>2</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры земледелия и экологии окружающей среды, ORCID 0000-0003-0409-5855, AuthorID 1016493

<sup>1</sup> Ленинградский государственный университет имени А. С. Пушкина, Пушкин, Россия

<sup>2</sup> Луганский государственный аграрный университет, Луганск, Украина

## Grain sorghum productivity depending on herbicide application

O. N. Kurdyukova<sup>1</sup>✉, A. V. Baranovskiy<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Leningrad State University named after A. S. Pushkin, Pushkin, Russia

<sup>2</sup> Lugansk State Agrarian University, Lugansk, Ukraine

✉ E-mail: herbology8@gmail.com

**Abstract.** The purpose of the work is to establish the effectiveness of weed control in crops of grain sorghum with herbicides of soil and leaf action. **Scientific novelty.** For the first time in sorghum crops for weed control, effective combinations of soil and leaf herbicides have been identified. **Methods.** Experiments were carried out on the black soils of steppe zone Ukraine. Research methods are generally accepted. The control options were herbicide-free and weed-free. **Results.** At tillering stage the number of weeds in sorghum crops reached 141 pieces/m<sup>2</sup> and their air-dry weight was 218 g/m<sup>2</sup>. Green amaranth (*Amaranthus retroflexus*), fat hen (*Chenopodium album*), field mustard (*Sinapis arvensis*), ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*), barnyard grass (*Echinochloa crus-galli*), bristlegrass (*Setaria viridis*) were dominant in the crops. The use of foliar-applied herbicides such as Agritox (1 l/ha), Ballerina (0.4 l/ha), Dialen Super (0.7 l/ha) in the stage of three-five leaves and a pre sowing soil-applied herbicide Primextra Gold (3 l/ha) ensured the maximum reduction of weed infestation of grain sorghum crops. The number of weeds with the use of these herbicides decreased by 10.4–19.7 times, and their weight decreased by 4.1–4.8 times in comparison with the options without the use of weed control measures. The conditions for plant growth and development were improved due to the reduction of weed infestation of grain sorghum crops. The growing period of the crop reduced from 125 to 114 days, the height of plants increased by 19–21 cm and their weight increased by 2.7–2.8 times. The sorghum grain yield reached 6.32–6.34 t/ha, which was higher than with the options without the use of weed control measures by 4.01–4.30 t/ha or 3.0–3.1 times. The same results were obtained in production conditions.

**Keywords:** grain sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), weeds, herbicides, plant growth and development, grain yield, yield structure.

**For citation:** Kurdyukova O. N., Baranovskiy A. V. Produktivnost' sorgo zernovogo v zavisimosti ot primeneniya gerbitsidov [Grain sorghum productivity depending on herbicide application] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2020. No. 11 (202). Pp. ... DOI: 10.32417/1997-4868-2020-202-11-14-20. (In Russian.)

**Paper submitted:** 22.09.2020.

### References

1. Ciampitti I. A., Vara Prasad V. P. Sorghum: State of the Art and Future Perspectives (Agronomy Monographs). 1st ed. Madison, Wisconsin: American Society of Agronomy: Crop Science Society of America: Soil Science Society of America, 2019. 528 p.
2. Okazova Z. P., Ikoeva V. A. Vliyanie chislennosti sornykh rasteniy na urozhaynost' sakharnogo sorgo v Lesostepnoy zone respubliki Severnaya Osetiya-Alaniya [Influence of the number of weeds on the yield of sugar sorghum in the forest-steppe zone of the Republic of North Ossetia-Alania] // Advances in current natural sciences. 2016. No 3. Pp. 94–97. (In Russian.)
3. Kovtunov V. V. Posevnaya ploshchad' i urozhainost' sorgo zernovogo [Acreage and yield of Sorghum] // Grain Economy of Russia. 2018. No. 3. Pp. 47–49. DOI: 10.31367/2079-8725-2018-57-3-47-49. (In Russian.)
4. Kurdyukova O. N. Sistema osnovnoy obrabotki pochvy i zasorenost' posevov v sevooborote [The system of primary tillage and weed infestation of crops in crop rotation] // Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy. 2016. No. 2. Pp. 76–81. (In Russian.)
5. Alekhin V. T., Mikhaylikova V. V., Mikhina N. G. Ekonomicheskie porogi vredonosnosti vreditel'nykh, bolezney i sornykh rasteniy v posevakh sel'skokhozyaystvennykh kul'tur: spravochnik [Economic thresholds of harmfulness of pests, diseases and weeds in agricultural crops: a reference book]. Moscow: FGBNU "Rosinformagrotekh", 2016. 76 p. (In Russian.)
6. Alabushev A. V., Kovtunova N. A., Kovtunov V. V., et al. Rekomendatsii po tekhnologii vozdel'yvaniya sorgo zernovogo, sakharnogo i sudanskoi travy [Recommendations on the technology of cultivation of grain sorghum, sugar and Sudan grass]. Saratov: OOO "Amirit", 2018. 28 p. (In Russian.)
7. Baranovskiy A. V., Denisenko A. I., Dranishchev N. I. Rekomendatsii po tekhnologii vozdel'yvaniya i ispol'zovaniya sorgovykh kul'tur (nauchno-prakticheskie rekomendatsii) [Recommendations on the technology of cultivation and use of sorghum crops (scientific and practical recommendations)]. LNAU: OOO "Kopir-tsentr Lugansk", 2014. 56 p. (In Russian.)

8. Mesbah A., Nilahyane A., Ghimire B., Beck L., Ghimire R. Efficacy of Cover Crops on Weed Suppression, Wheat Yield, and Water Conservation in Winter Wheat–Sorghum–Fallow // *Crop Science*. 2019. Vol. 59 (4). Pp. 1745–1752. DOI: 10.2135/cropsci2018.12.0753.
9. Bararpour T., Hale R. R., Kaur G., et al. Weed Management Programs in Grain Sorghum (*Sorghum bicolor*) // *Agriculture*. 2019. Vol. 9 (8). Pp. 1–13. DOI: 10.3390/agriculture9080182.
10. Besançon T., Heiniger R., Weisz R., Everman W. Weed Response to Agronomic Practices and Herbicide Strategies in Grain Sorghum // *Agronomy*. 2017. Vol. 109 (4). Pp. 1642–1650. DOI: 10.2134/agronj2016.06.0363.
11. Kadimaliev M. M., Musaev I. A., Magomedov Sh. M. Vliyaniye gerbitsidov na zasorennost' i urozhay sakharnogo sorgo [Influence of herbicides on weediness and yield of sugar sorghum] // *Agrochemical Herald*. 2008. No. 6. Pp. 37–38. (In Russian.)
12. Ionova L. P. Energosberegayushchaya tekhnologiya vyrashchivaniya sorgo v usloviyakh Astrakhanskoy oblasti [Energy-saving technology of growing sorghum in the conditions of the Astrakhan region] // *Advances in current natural sciences*. 2010. No. 4. Pp. 27–30. (In Russian.)
13. Gosudarstvennyy katalog pestitsidov i agrokhimikatov, razreshennykh k primeneniyu na territorii Rossiyskoy Federatsii [State catalog of pesticides and agrochemicals allowed for use in the territory of the Russian Federation]. Moscow, 2017. 938 p. (In Russian.)
14. Moiseychenko V. F., Trifonova M. F., Zaveryukha A. H., et al. Osnovy nauchnykh issledovaniy v agronomii [Fundamentals of scientific research in agronomy]. Moscow: Kolos, 1996. 336 p. (In Russian.)
15. Golubev V. V., Kudryavtsev A. V., Firsov A. S., Safonov M. A. Metodika provedeniya agrotekhnicheskogo polevogo opyta [Methodology for conducting agrotechnical field experience] // *Agricultural Machinery and Technologies*. 2017. No. 4. Pp. 43–48. (In Russian.) DOI: 10.22314/2073-7599-2017-4-43-48.

#### **Authors' information:**

Olga N. Kurdyukova<sup>1</sup>, doctor of agricultural sciences, professor of the department of natural science and geography, ORCID 0000-0001-7500-8275, AuthorID 718683; +7 952 577-74-76, [herbology8@gmail.com](mailto:herbology8@gmail.com)

Aleksandr V. Baranovskiy<sup>2</sup>, candidate of agricultural sciences, docent of the department of agriculture and environmental ecology, ORCID 0000-0003-0409-5855, AuthorID 1016493

<sup>1</sup> Leningrad State University named after A. S. Pushkin, Pushkin, Russia

<sup>2</sup> Lugansk State Agrarian University, Lugansk, Ukraine

## Оценка исходного материала озимой тритикале в селекции сортов зернокармального направления для предгорной зоны Центрального Кавказа

И. Р. Манукян<sup>1</sup>, Е. С. Мирошникова<sup>1</sup>✉, Т. С. Абиева<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Северо-Кавказский научно-исследовательский институт горного и предгорного сельского хозяйства – филиал Владикавказского научного центра Российской академии наук, Михайловское, Россия

✉E-mail: mirlen@mail.ru

**Аннотация.** Цель работы – оценка исходного материала озимой тритикале на хозяйственно ценные признаки для селекции сортов зернового и кормового направления. **Методы.** Объектом исследований являлись сортообразцы озимой тритикале различного эколого-географического происхождения: Hortenso, Moderato (Польша), Prader (Швейцария), ТГИ 22/1, GR-16/2 (Россия), KS 88 Т 142 (США). За стандарт был взят сорт Валентин 90. Фенологические наблюдения и учеты проводили по методике государственного сортоиспытания. Оценку сортообразцов озимой тритикале на отавность проводили в опыте со скашиванием побегов в фазе стеблевания на высоте 5 см, на учетных площадках в трехкратном повторении. При оценке генотип-средового взаимодействия использовали индекс продуктивности растений (ИПР). Для оценки адаптивности генотипов к условиям возделывания были использованы статистические методы оценки пластичности и стабильности сортов. **Результаты.** Установлено, что урожайность выше 1 т/га в среднем за три года показали сортообразцы Moderato (1,05 т/га), GR 16/2 (1,14 т/га) и Hortenso (1,19 т/га). По значениям индекса ИПР высокопродуктивными являлись сортообразцы Валентин 90 (13,2), Hortenso (12,7), GR 16/2 (13,5), Moderato (11,6). По показателю экологической пластичности сортообразцы разделились на группы: значение  $b_i$  близко к единице – хорошо адаптированные к условиям региона сорта (Prader, Hortenso, GR 16/2), экстенсивные сорта –  $b_i$  меньше единицы (KS 88 Т 142), интенсивные сорта –  $b_i$  больше единицы (Валентин 90, ТГИ 22/1, Moderato). По показателям гомеостатичности и селекционной ценности сортообразцы распределились в следующем порядке (по мере убывания значений): Hortenso, GR-16/2, Валентин 90, Prader, ТГИ 22/1, Moderato, KS 88 Т 142. Дополнительные данные получены методом провокационных скошенных площадок, для определения потенциальной продуктивности и отавности. Лучшую регенерационную способность показали сортообразцы Hortenso, GR 16/2, Moderato, Prader. **Научная новизна** заключается в том, что для условий предгорной зоны Центрального Кавказа были выделены перспективные сорта озимой тритикале, которые можно использовать в селекции сортов зернового и кормового направления: Hortenso, GR 16/2, Moderato, Prader.

**Ключевые слова:** озимая тритикале, отавность, адаптивность, индекс продуктивности растений, экологическая пластичность, стрессоустойчивость.

**Для цитирования:** Манукян И. Р., Мирошникова Е. С., Абиева Т. С. Оценка исходного материала озимой тритикале в селекции сортов зернокармального направления для предгорной зоны Центрального Кавказа // Аграрный вестник Урала. 2020. № 11 (202). С. 21–27. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-202-11-21-27.

**Дата поступления статьи:** 18.05.2020.

### Постановка проблемы (Introduction)

Основными направлениями использования озимой тритикале являются комбикормовая промышленность, хлебопечение, производство пива, спирта и кондитерское производство [1, с. 65], [2, с. 52], [3, с. 1460]. Кормовая направленность озимой тритикале обусловлена высокой продуктивностью зеленой массы к общей биомассе растения и ее качеством (не грубеет до конца молочной спелости) в отличие от озимой ржи [4, с. 62], [5, с. 2].

Сорта озимой тритикале зернового и кормового направления характеризуются высокой продуктивностью зерна, урожайностью зеленой массы и отавностью [6, с. 946], [7,

с. 48]. Повышенная отавность после скашивания является особенностью озимой тритикале, поэтому при благоприятных условиях возделывания можно получить несколько укосов зеленой массы, а также на отаве первого укоса получить еще и урожай зерна [8, с. 192], [9, с. 19]. Получить сорта озимой тритикале с повышенной продуктивностью зеленой массы, зерна и отавностью – сложный и трудоемкий процесс, так как главные хозяйственно ценные признаки являются сложными, определяются совокупностью более простых свойств и способны к изменениям под влиянием различных условий выращивания [10, с. 6], [11, с. 25].

В связи с этим в процессе выведения сортов большое значение имеют методы оценки селекционного материала по комплексу хозяйственно значимых признаков, в том числе продуктивности, устойчивости к неблагоприятным климатическим условиям, болезням и вредителям, качеству продукции и др. [12, с. 16].

Для селекции озимой тритикале зернового и кормового направления мы использовали методы полевой и провокационной оценки. Провокационную оценку сортообразцов озимой тритикале применяли для определения сортовых особенностей на отрастаемость после удаления главных побегов. Преимуществом провокационного метода оценки является регулирование фактора воздействия на растение.

#### Методология и методы исследования (Methods)

Исследования проводились в 2017–2019 гг. в лаборатории селекции и семеноводства зерновых культур СКНИ-ИГПСХ ВНИЦ РАН.

Материалом для исследований послужили 7 сортообразцов озимой тритикале различного эколого-географического происхождения: Hortenso, Moderato (Польша), Prader (Швейцария), ТГИ 22/1, GR-16/2 (Россия), KS 88 T 142 (США). Стандартом в опытах являлся сорт Валентин 90. Сорт относится к группе зернокармливых, пригоден для использования на зернофураж и в зеленом конвейере, для приготовления раннего силоса, сенажа, гранул, брикетов. Учет продуктивности и фенологические наблюдения проводили по методике Госсортоиспытания [13]. Для статистической обработки результатов опытов использовали методологию Б. А. Доспехова [14]. Экологическую пластичность рассчитывали по коэффициенту линейной регрессии ( $b_i$ ) по методике S. A. Eberhart, W. A. Russell в изложении В. З. Пакудина и Л. М. Лопатиной. Устойчивость сортов к стрессовым факторам ( $(Y_{\min} - Y_{\max})$ ) и генетическую гибкость сортообразцов ( $(Y_{\max} + Y_{\min}) / 2$ ) определяли по методике А. А. Rossielle, J. Hemblin в изложении А. А. Гончаренко. Гомеостатичность (Hom) и селекционную ценность (Sc) рассчитывали по методике В. В. Хангильдина и Н. А. Литвиненко. При оценке генотип-средового взаимодействия использовали индекс продуктивности растений (ИПР)<sup>1</sup> [15, с. 49], [16, с. 21]. Оценку сортообразцов озимой тритикале на отавность проводили в опыте со скашиванием побегов в фазе стеблевания на высоте 5 см, на учетных площадках  $0,5 \times 0,5 \text{ м}^2$  в трехкратном повторении.

#### Результаты (Results)

Важной составляющей характеристики сортов является их адаптивность к условиям возделывания региона. Для описания этого параметра используют статистические методы расчета таких показателей продуктивности, как гомеостатичность и экологическая пластичность. Гомеостатичность указывает на генотипы, способные при изменяющихся условиях возделывания максимально сохранять потенциал продуктивности, т. е. быть стабильными. Это свойство описывается показателями гомеостатичности (Hom) и селекционной ценности (Sc). Чем выше эти показатели, тем выше гомеостатичность сортообразца. Экологическая пластичность показывает отзывчивость сорта на

изменения условий возделывания. Показателем является коэффициент регрессии  $b_i$ . Он может быть больше, меньше или равен единице. Чем больше значение, тем более отзывчив сорт при улучшении условий возделывания, увеличивает урожайность.

Изучаемые сортообразцы озимой тритикале различались между собой по продуктивности. Урожайность выше 1 т/га в среднем за три года показали сортообразцы Moderato (1,05 т/га), GR 16/2 (1,14 т/га) и Hortenso (1,19 т/га). Урожайность этих сортообразцов была на уровне стандарта, и резких колебаний продуктивности по годам не наблюдалось (таблица 1).

Вариабельность продуктивности сортообразцов ( $(Y_{\max} + Y_{\min}) / 2$ ) показывает среднюю урожайность сорта в контрастных условиях, характеризует генетическую гибкость. На уровне стандарта Валентин 90 были сортообразцы: Moderato, GR 16/2, Hortenso и ТГИ 22/1 с показателями 1,02, 1,15, 1,2 и 0,97 соответственно, т. е. данные сорта характеризуются высокой степенью соответствия генотипов к факторам среды (таблица 1). Хорошие показатели стрессоустойчивости имели образцы Hortenso (–0,03), ТГИ 22/1 (–0,05), Prader (–0,09), Валентин 90 (–0,08).

По значениям индекса ИПР высокопродуктивными являются сортообразцы Валентин 90 (13,2), Hortenso (12,7), GR 16/2 (13,5), Moderato (11,6).

По показателю экологической пластичности сортообразцы разделились на группы: значение  $b_i$  близко к единице – хорошо адаптированные к условиям региона сорта (Prader, Hortenso, GR 16/2), экстенсивные сорта –  $b_i$  меньше единицы (KS 88 T 142), интенсивные сорта –  $b_i$  больше единицы (Валентин 90, ТГИ 22/1, Moderato).

Величина наклона линий регрессии дает наглядную информацию о поведении сортов относительно друг друга и в сравнении со средней реакцией сортов на изменение условий выращивания (рис. 1).

Селекционную ценность представляют те сорта, линии регрессии которых высоко поднимаются в правой части графика (благоприятные условия), что характеризует их высокую отзывчивость на улучшение условий.

По показателям гомеостатичности и селекционной ценности сортообразцы распределились в следующем порядке по мере убывания значений: Hortenso, GR-16/2, Валентин 90, Prader, ТГИ 22/1, Moderato, KS 88 T 142.

В таблице 2 представлены результаты опыта со скашиванием стеблей в фазе стеблевания. Высота скашивания выбрана с учетом полного удаления зачаточных колосьев и конусов нарастания, для нивелирования явления апикального доминирования.

У зерновых, как и у других растений, апикальная меристема конуса нарастания своим гормональным влиянием (ауксином) сдерживает развитие боковых почек. При гибели главного побега побегообразование усиливается за счет влияния других фитогормонов (цитокенинов), синтезируемых в корне. Действие цитокенинов многофункционально. Они оказывают влияние на деление клеток, усиливают рост боковых побегов, повышают устойчивость растения к самым различным неблагоприятным факторам, таким как повышенные или пониженные температуры, обезвоживание, грибная и вирусная инфекция, механические воздействия и др.

<sup>1</sup> Патент № 2710056 Российская Федерация, МПК А01Н 1/04 (2006.01). Способ отбора высокопродуктивных селекционных образцов озимых зерновых культур: № 2019121471 / И. Р. Манукян, С. А. Бекузарова, М. А. Басиева, Е. С. Мирошникова. Заявл. 05.07.2019, опубл. 24.12.2019. Бюл. № 36. 2 с.

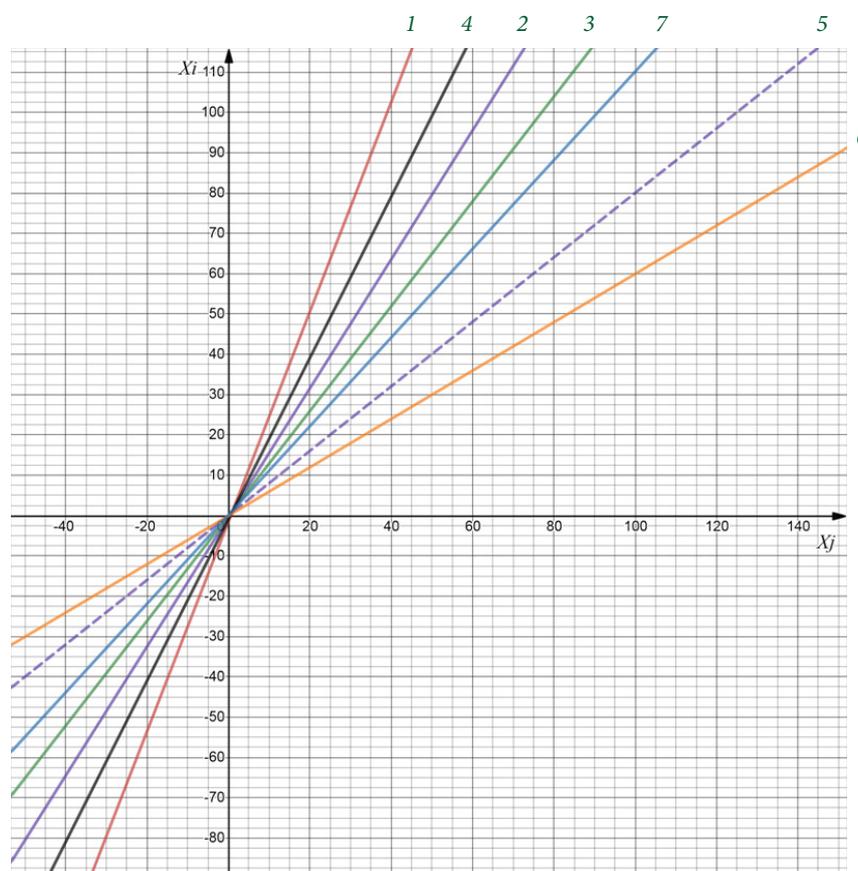
Средняя урожайность и параметры адаптивности различных сортообразцов озимой тритикале

Сорт	Урожайность, т/га			Среднее, т/га	$\frac{Y_{\max} + Y_{\min}}{2}$	ИПР, среднее	$b_i$	$Y_{\max} - Y_{\min}$	$Sc$	$Hom$
	2017	2018	2019							
Валентин 90	1,05	0,97	1,0	1,0	1,01	13,2	2,6	-0,08	0,87	3,6
Moderato	1,04	1,0	1,1	1,05	1,02	11,6	1,6	-0,1	0,86	2,1
GR 16/2	1,20	1,12	1,1	1,14	1,15	13,5	1,3	-0,1	0,87	3,7
ТГИ 22/1	0,95	0,96	1,0	0,97	0,97	7,3	2,0	-0,05	0,88	2,4
Prader	0,75	0,8	0,84	0,8	0,8	4,3	0,8	-0,09	0,84	2,5
KS 88 T 142	0,45	0,51	0,62	0,52	0,53	3,1	0,6	-0,17	0,68	0,8
Hortenso	1,20	1,18	1,21	1,19	1,2	12,7	1,1	-0,03	0,96	4,4
Среднее, $X_j$				0,95						

Table 1

Average yield and adaptability parameters of various varieties of winter triticale

Variety	Yield, t/ha			Average, t/ha	$\frac{Y_{\max} + Y_{\min}}{2}$	PPI, average	$b_i$	$Y_{\max} - Y_{\min}$	$Sc$	$Hom$
	2017	2018	2019							
Valentin 90	1.05	0.97	1.0	1.0	1.01	13.2	2.6	-0.08	0.87	3.6
Moderato	1.04	1.0	1.1	1.05	1.02	11.6	1.6	-0.1	0.86	2.1
GR 16/2	1.20	1.12	1.1	1.14	1.15	13.5	1.3	-0.1	0.87	3.7
TGI 22/1	0.95	0.96	1.0	0.97	0.97	7.3	2.0	-0.05	0.88	2.4
Prader	0.75	0.8	0.84	0.8	0.8	4.3	0.8	-0.09	0.84	2.5
KS 88 T 142	0.45	0.51	0.62	0.52	0.53	3.1	0.6	-0.17	0.68	0.8
Hortenso	1.20	1.18	1.21	1.19	1.2	12.7	1.1	-0.03	0.96	4.4
Average, $X_j$				0.95						



1 - Валентин 90; 2 - Moderato; 3 - GR 16/2; 4 - ТГИ 22/1; 5 - Prader; 6 - KS 88 T 142; 7 - Hortenso

1 - Valentin 90; 2 - Moderato; 3 - GR 16/2; 4 - TGI 22/1; 5 - Prader; 6 - KS 88 T 142; 7 - Hortenso

Рис. 1. Линии регрессии по признаку урожайности ( $X_j$ ) для сортов озимой тритикале на индексы среды ( $X_i$ )

Fig. 1. The regression line on the basis of yield of ( $X_j$ ) for varieties of winter triticale index of the medium ( $X_i$ )

Таблица 2

## Структура продуктивности сортообразцов озимой тритикале в опыте на отавность

Вариант	Высота растения, см	Число продуктивных стеблей, шт.	Длина колоса, см	Число зерен в колосе, шт.	Вес зерна с колоса, г	Продуктивность, кг/м <sup>2</sup>	Отавность, %
Валентин 90							
Контроль	100	339	10,0	43,4	3,0	1,08	33,8
Скашивание	84	215	7,5	36,8	1,7	0,365	
Moderato							
Контроль	118	359	11,0	49,2	2,8	1,01	47,4
Скашивание	100	266	8,0	38,1	1,8	0,479	
GR 16/2							
Контроль	110	355	14,1	63,3	3,7	1,165	55,7
Скашивание	100	220	10,0	50,1	2,8	0,612	
ТГИ 22/1							
Контроль	115	308	10,7	64,7	3,0	0,924	31,0
Скашивание	90	178	10,0	42,3	1,6	0,285	
Prader							
Контроль	97	324	9,7	41,5	2,1	0,680	47,8
Скашивание	80	217	6,2	32,8	1,5	0,325	
KS 88 T 142							
Контроль	78	291	10,0	37	1,7	0,505	19,1
Скашивание	63	107	7,5	21	0,9	0,096	
Hortenso							
Контроль	110	320	11,6	70,7	4,1	1,312	60,4
Скашивание	95	264	9,5	55,8	3,0	0,792	

Table 2

## The structure of the productivity of cultivars of winter triticale try on courage

Variation	Plant height, cm	The number of productive stems, pcs.	Ear length, cm	Number of grains per ear, pcs.	Grain weight per ear, g	Productivity, kg/m <sup>2</sup>	Regrowth, %
Valentin 90							
Control	100	339	10.0	43.4	3.0	1.08	33.8
Mowing	84	215	7.5	36.8	1.7	0.365	
Moderato							
Control	118	359	11.0	49.2	2.8	1.01	47.4
Mowing	100	266	8.0	38.1	1.8	0.479	
GR 16/2							
Control	110	355	14.1	63.3	3.7	1.165	55.7
Mowing	100	220	10.0	50.1	2.8	0.612	
TGI 22/1							
Control	115	308	10.7	64.7	3.0	0.924	31.0
Mowing	90	178	10.0	42.3	1.6	0.285	
Prader							
Control	97	324	9.7	41.5	2.1	0.680	47.8
Mowing	80	217	6.2	32.8	1.5	0.325	
KS 88 T 142							
Control	78	291	10.0	37	1.7	0.505	19.1
Mowing	63	107	7.5	21	0.9	0.096	
Hortenso							
Control	110	320	11.6	70.7	4.1	1.312	60.4
Mowing	95	264	9.5	55.8	3.0	0.792	

Результаты, полученные из проведенного опыта, указывают на сортовые различия по способности восстанавливать стеблестой после скашивания или другого повреждения. У стандартного сорта Валентин 90 регенерационная способность составила 33,8 %. На этом же уровне была регенерационная способность у сортообразца ТГИ

22/1 (31,0 %). Другие сортообразцы показали лучшие результаты: Hortenso (60,4 %), GR 16/2 (55,7 %), Prader (47,8 %), Moderato (47,4 %). Низкий уровень отавности показал сортообразец KS 88 T 142 (19,1 %). Метод скошенных площадок дает дополнительную информацию о потенциальной продуктивности сортообразцов.

**Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)**

По результатам проведенных исследований можно выделить сортообразцы озимой тритикале с высокой продуктивностью на уровне и выше стандарта: Hortenso, GR 16/2, Moderato. Эти же сортообразцы отличаются высокой гомеостатичностью и селекционной ценностью. По показателю экологической пластичности наиболее соответствуют условиям возделывания и отзывчивы на их улучшение сортообразцы Moderato, GR 16/2, ТГИ 22/1, Hortenso. Продуктивность ниже, чем у стандартного со-

рта, показали сортообразцы ТГИ 22/1, Prader, KS 88 T 142. Дополнительные характеристики для определения потенциальной продуктивности и отавности изучаемых сортообразцов получены методом провокационных скошенных площадок. Лучшую регенерационную способность показали сортообразцы: Hortenso, GR 16/2, Moderato, Prader. В це-лом, для селекции сортов озимой тритикале кормового и зернового направления можно использовать сортообразцы Hortenso, GR 16/2, Moderato, Prader.

**Библиографический список**

1. Пома Н. Г., Осипова А. В., Осипов В. В., Щербакова З. Н., Кондратьева О. П., Яшина Н. А. Перспективы использования озимого тритикале как продовольственной культуры // *Хлебопродукты*. 2016. № 5. С. 65–67.
2. Кузнецова Л. И., Савкина О. А., Лаврентьева Н. С. Современное состояние и перспективы применения в хлебопечении муки из зерна тритикале // *Хлебопродукты*. 2019. № 11. С. 52–55. DOI: 10.32462/0235 2508 2019 28 11-52-55.
3. Skudra I., Ruza A. Winter wheat grain baking quality depending on environmental conditions and fertilizer // *Agronomy Research*. 2016. Vol. 14 (S2). Pp. 1460–1466.
4. Потапова Г. Н., Зобнина Н. Л., Комаровских Н. С. Изучение кормовых свойств озимого тритикале на Среднем Урале // *Тритикале: материалы международной научно-практической конференции*. Ростов-на-Дону, 2016. С. 61–67.
5. Горянина Т. А. Современное состояние озимого тритикале в России и селекционная работа по культуре в Самарском НИИСХ // *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. 2018. Т. 20. № 2-4 (82). С. 676–679. DOI: 10.24411/1990-5378-2018-00085.
6. Togay N., Togay Y., Dogan Y. Correlation and path coefficient analysis for yield and some yield components of wheat (*Triticum aestivum* L.) // *Oxidation communications*. 2017. Vol. 40. Iss. 2. Pp. 946–951.
7. Giunta F., Motzo R., Viridis A., Cabiglieria A. The effects of forage removal on biomass and grain yield of intermediate and spring triticales // *Field Crops Research*. 2017. Vol. 200. Pp. 47–57. DOI: 10.1016/j.fcr.2016.10.002.
8. Привалов Ф. И., Бруй И. Г., Гриб С. И., Холодинский В. В. Динамика формирования урожайности зерна озимых тритикале и пшеницы в зависимости от уровня интенсификации технологии возделывания // *Тритикале и стабилизация производства зерна, кормов и продуктов их переработки: материалы VIII Международной научно-практической конференции*. Ростов-на-Дону, 2018. С. 192–200.
9. Dong J., Lu H., Wang Y., Ye T., Yuan W. Estimating winter wheat yield based on a light use efficiency model and wheat variety data // *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. 2020. Vol. 160. Pp. 18–32. DOI: 10.1016/j.isprsjprs.2019.12.005.
10. Бирюкова О. В., Бирюков К. Н. Влияние экологических условий и агротехнических приемов на качество зерна озимого тритикале // *Проблемы устойчивого сельскохозяйственного производства растениеводческой продукции в различных агроэкологических условиях: материалы Всероссийской научной конференции молодых ученых*. Ростов-на-Дону, 2017. С. 6–11.
11. Бабайцева Т. А., Гамберова Т. В., Колумбаева К. И. Источники хозяйственно ценных признаков для селекции озимой тритикале в Среднем Предуралье // *Эффективность адаптивных технологий в сельском хозяйстве: материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 50-летию СХПК имени Мичурина Вавожского района Удмуртской Республики*. Ижевск, 2016. С. 24–29.
12. Грабовец А. И., Фоменко М. А. Изменение климата и методология создания новых сортов пшеницы и тритикале с широкой экологической пластичностью // *Достижения науки и техники АПК*. 2015. Т. 29. № 15. С. 16–19.
13. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М. : Колос, 1985. 219 с.
14. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): учебник для высших сельскохозяйственных учебных заведений. стереотип. изд., перепеч. с 5-го изд., доп. и перераб. 1985 г. М.: Альянс, 2014. 351 с.
15. Манукян И. Р., Басиева М. А., Мирошникова Е. С., Абиев В. Б. Использование нового индекса продуктивности растений для оценки селекционного материала озимой пшеницы // *Нива Поволжья*. 2019. № 2 (51). С. 47–52.
16. Манукян И. Р., Басиева М. А., Мирошникова Е. С., Абиев В. Б. Оценка экологической пластичности сортов озимой пшеницы в условиях предгорной зоны Центрального Кавказа // *Аграрный вестник Урала*. 2019. № 4 (183). С. 20–26. DOI: 10.32417/article\_5cf94f63b4d0f7.46300158.

**Об авторах:**

Ирина Рафиковна Манукян<sup>1</sup>, кандидат биологических наук, доцент, старший научный сотрудник, ORCID 0000-0002-1620-4302, AuthorID 377607; [miririna.61@mail.ru](mailto:miririna.61@mail.ru)

Елена Сергеевна Мирошникова<sup>1</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID 0000-0003-0208-3631, AuthorID 1038223; [mirlen@mail.ru](mailto:mirlen@mail.ru)

Тамара Сидоровна Абиева<sup>1</sup>, кандидат биологических наук, ORCID 0000-0003-2647-5867, AuthorID 253288; [abilena@mail.ru](mailto:abilena@mail.ru)

<sup>1</sup>Северо-Кавказский научно-исследовательский институт горного и предгорного сельского хозяйства – филиал Владикавказского научного центра Российской академии наук, Михайловское, Россия

## Evaluation of the source material of winter triticale in breeding varieties of grain feed direction for the foothill zone of the Central Caucasus

I. R. Manukyan<sup>1</sup>, E. S. Miroshnikova<sup>1</sup>✉, T. S. Abieva<sup>1</sup>

<sup>1</sup>North Caucasian Research Institute of Mountain and Piedmont Agriculture – the Affiliate of the Vladikavkaz Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Mikhailovskoye, Russia

✉E-mail: [mirlen@mail.ru](mailto:mirlen@mail.ru)

**Abstract.** The purpose of the work is to evaluate the source material of winter triticale for economically valuable traits for breeding varieties of grain and forage directions. **Methods.** The objects of study were winter triticale varieties of various ecological and geographical origin: Hortenso, Moderato (Poland), Prader (Switzerland), TGI 22/1, GR-16/2 (Russia), KS 88 T 142 (USA). Variety Valentin 90 was taken as a standard. Phenological observations and counts were carried out according to the method of state variety testing. The variability of winter triticale varieties was evaluated in the experiment with mowing shoots in the stalking phase at a height of 5 cm, at the test sites in triplicate. When evaluating the genotype-environment interaction, the Plant Productivity Index (PPI) was used. To assess the adaptability of genotypes to cultivation conditions, statistical methods were used to assess the plasticity and stability of varieties. **Results.** It was established that yields above 1 t/ha on average for three years were shown by variety varieties: Moderato (1.05 t/ha), GR 16/2 (1.14 t/ha) and Hortenso (1.19 t/ha). According to the values of the PPI, the variety specimens are highly productive: Valentin 90 (13.2), Hortenso (12.7), GR 16/2 (13.5), Moderato (11.6). In terms of ecological plasticity, the variety samples were divided into groups: the  $b_i$  value is close to one – varieties well adapted to the conditions of the region (Prader, Hortenso, GR 16/2), extensive varieties –  $b_i$  less than one (KS 88 T 142), intensive varieties –  $b_i$  more units (Valentin 90, TGI 22/1, Moderato). According to the indicators of homeostaticity and breeding value, the variety samples were distributed in the following order, with decreasing values: Hortenso, GR-16/2, Valentin 90, Prader, TGI 22/1, Moderato, KS 88 T 142. Additional data were obtained by the method of provocative beveled plots, to determine potential productivity and regrowth. The best regenerative ability was shown by the variety samples: Hortenso, GR 16/2, Moderato, Prader. **The scientific novelty** lies in the fact that, for the conditions of the foothill zone of the Central Caucasus, promising winter triticale varieties were identified that can be used in breeding varieties of grain and feed direction: Hortenso, GR 16/2, Moderato, Prader.

**Keywords:** winter triticale, regrowth, adaptability, plant productivity index, environmental plasticity, stress resistance.

**For citation:** Manukyan I. R., Miroshnikova E. S., Abieva T. S. Otsenka iskhodnogo materiala ozimoy tritikale v selektsii sortov zernokormovogo napravleniya dlya predgornoy zony Tsentral'nogo Kavkaza [Evaluation of the source material of winter triticale in breeding varieties of grain feed direction for the foothill zone of the Central Caucasus] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2020. No. 11 (202). Pp. 21–27. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-202-11-21-27. (In Russian.)

**Paper submitted:** 18.05.2020.

### References

1. Poma N. G., Osipova A. V., Osipov V. V., Shcherbakova Z. N., Kondrat'eva O. P., Yashina N. A. Perspektivy ispol'zovaniya ozimogo tritikale kak prodovol'stvennoy kul'tury [Prospects for the use of winter triticale as a food crop] // Khleboprodukty. 2016. No. 5. Pp. 65–67. (In Russian.)
2. Kuznetsova L. I., Savkina O. A., Lavrent'eva N. S. Sovremennoe sostoyanie i perspektivy primeneniya v khlebopechenii muki iz zerna tritikale [Current state and prospects of application of triticale flour in bread baking] // Khleboprodukty. 2019. No. 11. Pp. 52–55. DOI: 10.32462/0235 2508 2019 28 11-52-55. (In Russian.)
3. Skudra I., Ruza A. Winter wheat grain baking quality depending on environmental conditions and fertilizer // Agronomy Research. 2016. Vol. 14 (S2). Pp. 1460–1466.
4. Potapova G. N., Zobnina N. L., Komarovskikh N. S. Izuchenie kormovykh svoystv ozimogo tritikale na Srednem Urale [Study of the feed properties of winter triticale in the Middle Urals] // Tritikale: materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Rostov-on-Don, 2016. Pp. 61–67. (In Russian.)
5. Goryanina T. A. Sovremennoe sostoyanie ozimogo tritikale v Rossii i selektsionnaya rabota po kul'ture v samarskom NI-ISH [The current state of winter triticale in Russia and breeding work on culture at the Samara Research Institute of Agricul-

ture] // Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. 2018. T. 20. No. 2-4 (82). Pp. 676–679. DOI: 10.24411/1990-5378-2018-00085. (In Russian.)

6. Togay N., Togay Y., Dogan Y. Correlation and path coefficient analysis for yield and some yield components of wheat (*Triticum aestivum* L.) // Oxidation communications. 2017. Vol. 40. Iss. 2. Pp. 946–951.

7. Giunta F., Motzo R., Viridis A., Cabiglieria A. The effects of forage removal on biomass and grain yield of intermediate and spring triticales // Field Crops Research. 2017. Vol. 200. Pp. 47–57. DOI: 10.1016/j.fcr.2016.10.002.

8. Privalov F. I., Bruy I. G., Grib S. I., Kholodinskiy V. V. Dinamika formirovaniya urozhaynosti zerna ozimyykh tritikale i pshenitsy v zavisimosti ot urovnya intensivatsii tekhnologii vozdeleyvaniya [The dynamics of the formation of grain yield of winter triticale and wheat depending on the level of intensification of cultivation technology] // Tritikale i stabilizatsiya proizvodstva zerna, kormov i produktov ikh pererabotki: materialy VIII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Rostov-on-Don, 2018. Pp. 192–200. (In Russian.)

9. Dong J., Lu H., Wang Y., Ye T., Yuan W. Estimating winter wheat yield based on a light use efficiency model and wheat variety data // ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. 2020. Vol. 160. Pp. 18–32. DOI: 10.1016/j.isprsjprs.2019.12.005.

10. Biryukova O. V., Biryukov K. N. Vliyaniye ekologicheskikh usloviy i agrotekhnicheskikh priemov na kachestvo zerna ozimogo tritikale [The impact of environmental conditions and agricultural practices on the quality of grain of winter triticale] // Problemy ustoychivogo sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva rasteniyevodcheskoy produktsii v razlichnykh agroekologicheskikh usloviyakh: materialy Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii molodykh uchenykh. Rostov-on-Don, 2018, 2017. Pp. 6–11. (In Russian.)

11. Babaytseva T. A., Gamberova T. V., Kolumbaeva K. I. Istochniki khozyaystvenno tsennykh priznakov dlya selektsii ozimoy tritikale v Srednem Predural'e [Sources of economically valuable traits for winter triticale breeding in the Middle Urals] // Effektivnost' adaptivnykh tekhnologiy v sel'skom khozyaystve: materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 50-letiyu SHPK imeni Michurina Vavozhskogo rayona Udmurtskoy Respubliki. Izhevsk, 2016. Pp. 24–29. (In Russian.)

12. Grabovets A. I., Fomenko M. A. Izmeneniye klimata i metodologiya sozdaniya novykh sortov pshenitsy i tritikale s shirokoy ekologicheskoy plastichnost'yu [Climate change and methodology for creating new varieties of wheat and triticale with wide ecological plasticity] // Achievements of Science and Technology of AIC. 2015. T. 29. No. 15. Pp. 16–19. (In Russian.)

13. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur [Methods of state variety testing of agricultural crops]. Moscow: Kolos, 1985. 219 p. (In Russian.)

14. Dospikhov B. A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy): uchebnik dlya vysshikh sel'skokhozyaystvennykh uchebnykh zavedeniy: stereotip. izd., perepech. s 5-go izd., dop. i pererab. 1985 g. [Technique of field experience (with the basics of statistical processing of research results): stereotype. ed., reprint. from the 5th ed., ext. and revised. 1985]. Moscow: Al'yans, 2014. 351 p. (In Russian.)

15. Manukyan I. R., Basieva M. A., Miroshnikova E. S., Abiev V. B. Ispol'zovaniye novogo indeksa produktivnosti rasteniy dlya otsenki selektsionnogo materiala ozimoy pshenitsy // Niva Povolzh'ya. 2019. No. 2 (51). Pp. 47–52. (In Russian.)

16. Manukyan I. R., Basieva M. A., Miroshnikova E. S., Abiev V. B. Otsenka ekologicheskoy plastichnosti sortov ozimoy pshenitsy v usloviyakh predgornoy zony Tsentral'nogo Kavkaza [Assessment of the ecological plasticity of winter wheat varieties in the foothill zone of the Central Caucasus] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2019. No. 4 (183). Pp. 20–26. DOI: 10.32417/article\_5cf94f63b4d0f7.46300158. (In Russian.)

#### Authors' information:

Irina R. Manukyan<sup>1</sup>, candidate of biological sciences, associate professor, senior researcher, ORCID 0000-0002-1620-4302, AuthorID 377607; [miririna.61@mail.ru](mailto:miririna.61@mail.ru)

Elena S. Miroshnikova<sup>1</sup>, candidate of agricultural sciences, ORCID 0000-0003-0208-3631, AuthorID 1038223; [mirlen@mail.ru](mailto:mirlen@mail.ru)

Tamara S. Abieva<sup>1</sup>, candidate of biological sciences, ORCID 0000-0003-2647-5867, AuthorID 253288; [abilena@mail.ru](mailto:abilena@mail.ru)

<sup>1</sup>North Caucasian Research Institute of Mountain and Piedmont Agriculture – the Affiliate of the Vladikavkaz Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Mikhailovskoye, Russia

## Влияние обработки растений по вегетации стимуляторами роста и средствами защиты на семенную продуктивность овсяницы луговой сорта Надежда

М. А. Тормозин<sup>1✉</sup>, А. В. Беляев<sup>1</sup>, Е. М. Тихолаз<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал Уральского федерального аграрного научно-исследовательского центра УрО РАН

✉ E-mail: tormozinta@mail.ru

**Аннотация.** В статье представлена информация об урожайности, развитии листостебельных болезней, а также биологической эффективности препаратов на посевах овсяницы луговой. **Цель** исследований – изучение влияния средств защиты и стимуляторов роста, обеспечивающих наиболее полную реализацию потенциала семенной продуктивности овсяницы луговой. Для обработки растений по вегетации в фазу выхода в трубку – начала колошения применяли следующие препараты: «Фитолавин» – 1,5 л/га; «Лариксин» – 50 г/га; «Колосаль Про» – 0,5 л/га; «Стрекар» – 1,5 л/га; «Фитолавин» – 1,5 л/га + «Колосаль Про» – 0,5 л/га. **Методология и методы исследования.** Опыт состоит из 18 делянок. Общая площадь одной делянки – 42 м<sup>2</sup>, учетная площадь одной делянки – 28 м<sup>2</sup>. Делянки размещены блочно, повторения рендомизированные, повторность трехкратная. Наблюдения и исследования проводились согласно общепринятой методике. Метеорологические условия в 2018–2019 гг. значительно варьировали от среднепогодных показателей. Гидротермический коэффициент (ГТК) за вегетационный период в 2018 г. составил 1,4; в 2019 г. – 1,77, что выше среднепогодного значения (1,57). **Результаты.** Развитие болезней в среднем по всем ярусам листьев за два года (2018–2019 гг.) в контроле составило 23,7 %, распространенность – 67,5 %. В вариантах с фунгицидами и биопрепаратами развитие и распространенность листостебельных заболеваний составили от 9,4 до 17,4 % и от 32,4 до 56,5 % соответственно. Применение средств защиты растений привело к снижению развития заболеваний в 1,4–2,5 раза (на 6,3–14,3 %), распространенности – в 1,2–2,1 раза (на 11,0–35,1 %). Биологическая эффективность средств защиты растений составила от 26,6 до 60,3 %. Применяемые препараты в среднем за два года исследований обеспечили достоверную прибавку урожайности семян от 0,11 до 0,26 т/га (от 32 до 76 %). **Научная новизна.** Повышение семенной продуктивности по двухлетним данным (2018–2019 гг.) получено за счет существенного возрастания всех составляющих структуры урожайности.

**Ключевые слова:** овсяница луговая, травостой, семенная продуктивность, сорт, урожайность семян, стимуляторы роста.

**Для цитирования:** Тормозин М. А., Беляев А. В., Тихолаз Е. М. Влияние обработки растений по вегетации стимуляторами роста и средствами защиты на семенную продуктивность овсяницы луговой сорта Надежда // Аграрный вестник Урала. 2020. № 11 (202). С. 28–36. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-202-11-28-36.

**Дата поступления статьи:** 30.07.2020.

### Постановка проблемы (Introduction)

Высокая приспособляемость и пластичность многолетних злаков, обусловленные многообразием их жизненных форм, отмечены в работах А. А. Жученко и З. Ш. Шамсутдинова [1, с. 40], [2, с. 802].

Овсяница луговая (*Festuca pratensis* Huds.) – многолетний полуверховой рыхлокустовой озимый злак, является одной из наиболее распространенных культур среди многолетних злаковых трав. Значимость культуры определяется ее потребительскими качествами, способностью обеспечивать получение раннего высокопитательного корма, возможностью разнонаправленного использования (на кормовые цели и в качестве газонной травы), устойчивостью к болезням [3, с. 172], [4, с. 19], [5, с. 55], [6, с. 20], [7, с. 39], [8, с. 30], [9, с. 122], [10, с. 208], [11, с. 157].

Овсяница луговая при достаточном плодородии и увлажнении почвы может держаться в травостоях 6–8 лет, а в благоприятных условиях на заливных лугах – 10–12 лет и более. При благоприятных условиях произрастания овсяница долго удерживается в травостое, составляя обычно 15–25 % урожая культурных пастбищ [1, с. 827]. По данным ряда ученых, овсяница луговая неконкурентоспособна лишь с ежой сборной [12, с. 329], [13, с. 146], [14, с. 442]. Максимальные урожаи зеленой массы и семян она дает на второй – четвертый год жизни. Быстро отрастает после скашивания и стравливания. Это растение длинного дня. При продвижении на юг северные формы овсяницы затягивают вегетацию. Возделываемые сорта овсяницы луговой дают в основном 2 укоса [15, с. 12], [17, с. 132].

Для кормопроизводства в Российской Федерации районировано 50 сортов овсяницы луговой, созданных массовым, групповым и семейным отбором из дикорастущих и местных популяций или путем свободного переопыления образцов и внутривидовой гибридизации [15, с. 8], [18], [16, с. 274].

Для Волго-Вятского региона, куда входит и Свердловская область, районированы 20 сортов овсяницы луговой, созданы в ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН четыре сорта: Свердловская 37, Людмила, Надежда – с мощным травостоем, высокой зимостойкостью и устойчивостью к корневым гнилям и пятнистостям листьев – и Злата.

Известно, что доля вклада нового сорта в общей структуре повышения продуктивности сельскохозяйственных культур варьирует от 30 до 60 %, а остальная прибавка приходится на усовершенствованную сортовую агротехнику (в среднем около 50 %) [19, с. 12], [20, с. 15]. Отсутствует адаптивная технология возделывания и налаженного семеноводства овсяницы луговой.

Исследователи были убеждены, что дальнейший рост урожайности невозможен без применения минеральных удобрений [21, с. 15], [22, с. 20], [23, с. 201], [24, с. 134]. Актуальна частичная замена дорогостоящих минеральных удобрений концентрированными питательными растворами на посевах многолетних трав [25, с. 13].

Возникает необходимость применения регуляторов роста для повышения продуктивности, в то же время бобовые и бобово-злаковые многолетние травы обеспечивают не только коренное решение белковой проблемы, но и заготовки экологически безопасных кормов, что в итоге является основой производства натуральной животноводческой продукции [26, с. 98], [27, с. 11], [28, с. 60].

В органическом земледелии необходимо решить две совершенно противоположные главные задачи: получить как можно больше продукции с единицы площади пашни, применяя как можно меньше агрохимикатов [29, с. 65].

Цель исследований – изучение влияния средств защиты и стимуляторов роста, обеспечивающих наиболее полную реализацию потенциала семенной продуктивности овсяницы луговой.

#### Методология и методы исследования (Methods)

Исследования проведены в отделе селекции и семеноводства многолетних трав Уральского НИИСХ – филиала ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН – в рамках выполнения государственного задания по теме «Создание и усовершенствование адаптивных технологий возделывания экономически значимых сельскохозяйственных культур на основе оптимизации биотических и абиотических факторов».

В опытах использовался сорт овсяницы луговой Надежда селекции УрФАНИЦ УрО РАН [30]. Сорт Надежда характеризуется отличным отрастанием травостоя весной и после укосов, слабой полегаемостью, высокой зимостойкостью и морозостойкостью.

В опыте по изучению влияния стимуляторов роста и средств защиты растений на семенную продуктивность овсяницы луговой сорта Надежда применялись препараты, включенные в список разрешенных для применения на территории РФ.

Обработка растений по вегетации в фазу выхода в трубку – начало колошения: контроль (без обработки); «Фитолавин» – 1,5 л/га; «Лариксин» – 50 г/га; «Колосаль Про» –

0,5 л/га; «Стрекар» – 1,5 л/га; «Фитолавин» – 1,5 л/га + «Колосаль Про» – 0,5 л/га.

Проведена оценка биологической эффективности применяемых препаратов и семенной продуктивности овсяницы луговой. Испытывалось 4 различных химических, биологических препаратов и регуляторов роста и развития растений и их баковые смеси.

Опыт состоит из 18 делянок. Общая площадь одной делянки – 42 м<sup>2</sup>, учетная площадь одной делянки – 28 м<sup>2</sup>. Размещение делянок блочное, повторения рендомизированные, повторность трехкратная. Наблюдения и исследования проводились согласно общепринятой методике [31, с. 207], [32, с. 96].

Полевые опыты проводились на опытном поле Уральского НИИСХ на серой лесной тяжелосуглинистой почве, рН солевой вытяжки – 4,85–5,27. Обеспеченность подвижными формами фосфора – 150 мг/кг почвы, обменного калия – 97–158 мг/кг почвы.

Посев беспокровный, летний в 3-й декаде июня, широкорядный, двухстрочный с междурядьями 70 см сеялкой СО-4,2 с нормой высева семян 7 кг/га. С появлением всходов, как только обозначатся рядки, проведение 2-3 междурядных обработок.

В год использования травостоя на семена весной проводятся подкормка азотными удобрениями в дозе 60 кг/га действующего вещества, боронование, двухкратная обработка междурядий. Уборку делянок на семена проводили методом прямого комбайнирования комбайном «Сампо-130».

Погодные условия 2018–2019 гг. в течение вегетационного периода имели заметные отклонения от среднепогодных данных как по осадкам, так и по среднесуточной температуре воздуха.

Вегетационный период 2018 г. характеризовался затяжной весной и прохладной погодой в начале летнего периода с половинной нормой осадков. Во второй половине лета отмечена умеренно теплая погода с количеством атмосферных осадков на уровне среднепогодных показателей. Гидротермический коэффициент составил 1,4 единицы. 2019 г. характеризовался затяжной весной и умеренно теплой погодой в начале летнего периода с недобором осадков на уровне 20–30 % от среднепогодных показателей. В августе отмечалась преимущественно теплая погода с количеством атмосферных осадков выше нормы на 125–189 %. Гидротермический коэффициент равен 1,77.

#### Результаты (Results)

Помимо условий увлажнения и питания, на уровень продуктивности многолетних злаковых трав влияют вредные организмы, в частности болезни различной эпифитотии. Действенным способом защиты от листовых патогенов является своевременная обработка посевов средствами защиты.

Применение фунгицидов и биопрепаратов способствовало снижению заболеваемости овсяницы луговой такими болезнями, как септориоз, гельминтоспориоз, листовая буря и желтая ржавчина, мучнистая роса, стеблевая (линейная) ржавчина, корончатая ржавчина, полосатая и стеблевая пятнистость.

Пораженность растений овсяницы луговой листовыми болезнями в контрольном варианте носило эпифитотийный характер.

В условиях 2018 г. развитие болезни в среднем по всем ярусам листьев в контроле составило 15,5 %, а распространенность – 66,0 % (таблица 1).

В вариантах с обработкой растений фунгицидами и биопрепаратами развитие и распространенность болезни составили от 13,8 до 6,9 % и от 43,1 до 30,8 % соответственно. Применение средств защиты растений привело к снижению развития болезни в 1,2–2,3 раза (на 11–56 %), распространенности – в 1,5–2,1 раза (на 35–53 %).

Биологическая эффективность средств защиты растений по вариантам составила от 11,0 до 56,1 %.

В условиях 2019 г. развитие болезни в среднем по всем ярусам листьев в контроле составило 32 %, распространенность – 69 %.

В вариантах с обработкой растений фунгицидами и биопрепаратами развитие и распространенность болезни составило от 12 до 21 % и от 33 до 47 % соответственно. Применение средств защиты растений привело к снижению развития болезни в 1,5–2,7 раза (на 11–20 %), распространенности – в 1,5–2,1 раза (на 22–36 %).

Биологическая эффективность средств защиты растений по вариантам составила от 34 до 62 %.

Развитие болезни в среднем по всем ярусам листьев за два года (2018–2019 гг.) в контроле составило 23,7 %, распространенность – 67,5 %.

В вариантах с фунгицидами и биопрепаратами развитие и распространенность листостебельных заболеваний составило от 9,4 до 17,4 % и от 32,4 до 56,5 % соответственно. Применение средств защиты растений привело к снижению развития заболеваний в 1,4–2,5 раза (на 6,3–14,3 %), распространенности – в 1,2–2,1 раза (на 11,0–35,1 %).

Биологическая эффективность средств защиты растений составила от 26,6 до 60,3 %.

Основным показателем при проведении исследований является урожайность семян овсяницы луговой.

Применяемые фунгициды и биопрепараты в условиях 2018 г. сработали эффективно во всех вариантах, за исключением варианта с применением препарата Стрекар (таблица 2).

Применяемые препараты обеспечили достоверную прибавку урожая семян от 0,18 до 0,26 т/га (от 53 до 76 %). Наиболее высокий защитный эффект на овсянице луговой против бурой ржавчины, септориоза листьев, мучнистой росы, стеблевой ржавчины, гельминтоспориоза был получен при обработке препаратом «Колосаль Про» в дозе 0,5 л/га. Прибавка урожая семян в данном варианте составила 0,26 т/га (76 %).

В погодных условиях 2019 г. применение фунгицидов и биопрепаратов оказало положительное влияние на урожайность семян овсяницы луговой во всех вариантах опыта.

Применяемые препараты обеспечили достоверную прибавку урожайности семян от 0,22 до 0,27 т/га (от 65 до 79 %). Наиболее высокий защитный эффект на овсянице луговой против бурой ржавчины, септориоза листьев, мучнистой росы, стеблевой ржавчины, гельминтоспориоза был получен при обработке препаратом «Колосаль Про». Прибавка урожая семян в данном варианте составила 0,27 т/га (79 %).

Анализ полученных данных за два года (2018–2019 гг.) показал, что применяемые фунгициды и биопрепараты сработали эффективно во всех вариантах, и в случае их применения удалось подавить развитие листостебельных болезней.

Таблица 1

**Эффективность фунгицидов и биопрепаратов против листостебельных болезней овсяницы луговой (сорт Надежда) (посев 2017 г., учет 2018–2019 гг.)**

Варианты	Листостебельные болезни, %						Биологическая эффективность фунгицидов, %		
	Распространенность			Развитие			2018	2019	Среднее значение
	2018	2019	Среднее значение	2018	2019	Среднее значение			
Без обработки посевов (контроль)	66,0	69	67,5	15,5	32	23,7	–	–	–
«Фитолавин» 1,5 л/га	43,1	34	38,5	10,4	13	11,7	32,9	59	50,6
«Лариксин» 50 г/га	35,5	37	36,2	8,8	16	12,4	43,2	50	47,7
«Колосаль Про» 0,5 л/га	30,8	34	32,4	6,9	12	9,4	55,5	62	60,3
«Стрекар» 0,5 л/га	66,0	47	56,5	13,8	21	17,4	11,0	34	26,6
«Фитолавин» 1,5 л/га + «Колосаль Про» 0,5 л/га	35,6	33	34,3	6,8	12	9,4	56,1	62	60,3

Table 1

**Effectiveness of fungicides and biologics against leaf-stem diseases of meadow fescue (Nadezhda variety) (sowing 2017, accounting 2018–2019)**

Variant	Leaf-stem diseases, %						Biological efficiency fungicides, %		
	Prevalence			Development			2018	2019	Average
	2018	2019	Average	2018	2019	Average			
Without treatment of crops (control)	66.0	69	67.5	15.5	32	23.7	–	–	–
“Fitolavin”, 1.5 l/ha	43.1	34	38.5	10.4	13	11.7	32.9	59	50.6
“Lariksinn”, 50 g/ha	35.5	37	36.2	8.8	16	12.4	43.2	50	47.7
“Kolossal’ Pro”, 0.5 l/ha	30.8	34	32.4	6.9	12	9.4	55.5	62	60.3
“Strekar”, 0.5 l/ha	66.0	47	56.5	13.8	21	17.4	11.0	34	26.6
“Fitolavin”, 1.5 l/ha + “Kolossal’ Pro”, 0.5 l/ha	35.6	33	34.3	6.8	12	9.4	56.1	62	60.3

## Влияние применения фунгицидов и биопрепаратов на урожайность семян овсяницы луговой третьего года вегетации (сорт Надежда), 2018–2019 гг.

Варианты	Урожайность семян, т/га			Прибавка урожайности			
	2018	2019	Среднее значение	т/га			
	2018	2019	Среднее значение	2018	2019	Среднее значение	%
Без обработки посевов (контроль)	0,34	0,34	0,34	–	–	–	–
«Фитолавин» 1,5 л/га	0,54	0,57	0,55	0,20	0,23	0,21	62
«Лариксин» 50 г/га	0,57	0,57	0,57	0,23	0,23	0,23	68
«Колосаль Про» 0,5 л/га	0,60	0,61	0,60	0,26	0,27	0,26	76
«Стрекар» 0,5 л/га	0,35	0,56	0,45	0,01	0,22	0,11	32
«Фитолавин» 1,5 л/га + «Колосаль Про» 0,5 л/га	0,52	0,59	0,55	0,18	0,25	0,21	62
НСР <sub>05</sub>	0,10	0,09	0,095				

Table 2

## Influence of fungicides and biologics on the yield of meadow fescue seeds in the third year of vegetation (Nadezhda variety), 2018–2019

Variant	Seed yield, t/ha			Increase in productivity			
	2018	2019	Average	t/ha			
	2018	2019	Average	2018	2019	Average	%
Without treatment of crops (control)	0.34	0.34	0.34	–	–	–	–
“Fitolavin” 1.5 l/ha	0.54	0.57	0.55	0.20	0.23	0.21	62
“Larixsin” 50 g/ha	0.57	0.57	0.57	0.23	0.23	0.23	68
“Kolosal’ Pro”, 0.5 l/ha	0.60	0.61	0.60	0.26	0.27	0.26	76
“Strekar”, 0.5 l/ha	0.35	0.56	0.45	0.01	0.22	0.11	32
“Fitolavin”, 1.5 l/ha + “Kolosal’ Pro”, 0.5 l/ha	0.52	0.59	0.55	0.18	0.25	0.21	62
НСР <sub>05</sub>	0.10	0.09	0.095				

Применяемые препараты в среднем за два года исследований обеспечили достоверную прибавку урожайности семян от 0,11 до 0,26 т/га (от 32 до 76 %) к контролю во всех вариантах опыта при НСР<sub>05</sub> 0,095 т/га.

Наиболее высокий защитный эффект на овсянице луговой против бурой ржавчины, септориоза листьев, мучнистой росы, стеблевой ржавчины, гельминтоспориоза был получен при обработке препаратом «Колосаль Про». Максимальная урожайность семян 0,60 т/га была получена в варианте с применением комбинированного фунгицида системного действия «Колосаль Про» в дозе 0,5 л/га, что на 0,26 т/га, или 76 %, выше урожайности семян в контроле.

Своевременный фитосанитарный мониторинг посевов овсяницы луговой и проведение защитных мероприятий позволяет существенно снизить потери урожайности семян от заболеваний, что, в свою очередь, повысит качество семян.

Повышение семенной продуктивности овсяницы луговой при применении фунгицидов и биопрепаратов в 2018 году получено за счет существенного возрастания всех составляющих структуры урожайности семян (таблица 3).

Озерненность метелки в вариантах с защитой растений была выше контроля на 9–29 %. Средняя масса семян с одной метелки была больше на 27–80 % по отношению к контролю. Число колосков в метелке увеличилось на 10–30 %, масса семян с 1 м<sup>2</sup> возросла на 69–96 %. За счет лучших условий налива в вариантах защиты зафиксировано увеличение полновесности зерновок овсяницы луговой на 6–19 % к контролю.

Биологическая урожайность семян овсяницы луговой увеличивалась на 0,24–0,59 т/га (31–76 %) по отношению

к контролю, что подтверждается и фактической урожайностью.

Обработка посевов в 2019 г. биопрепаратами и фунгицидами по вегетации в фазу выхода в трубку – начала колошения способствовала повышению количества семян в метелке, массы семян одного соцветия, массы семян с 1 м<sup>2</sup>, количества продуктивных стеблей (таблица 4).

Озерненность метелки в вариантах с защитой растений была выше контроля на 16–29 %. Средняя масса семян с одной метелки была больше на 56–100 % по отношению к контролю. Число колосков в метелке увеличилось на 4–12 %, масса семян с 1 м<sup>2</sup> возросла на 32–76 %. За счет лучших условий налива в вариантах защиты зафиксировано увеличение полновесности зерновок овсяницы луговой на 21–37 % к контролю.

Биологическая урожайность семян увеличивалась на 0,31–0,89 т/га (52–148 %) по сравнению с контролем, что подтверждается и фактической урожайностью.

Фунгициды и биопрепараты оказали непосредственное положительное влияние на структуру урожайности семян овсяницы луговой. Повышение семенной продуктивности по двухлетним данным (2018–2019 гг.) получено за счет существенного возрастания всех составляющих структуры урожайности.

Озерненность метелки в вариантах с защитой растений была выше контроля на 10–28 % (6–17 шт.). Средняя масса семян с одной метелки была больше на 53–93 % (0,05–0,14 г.) по отношению к контролю. Число колосков в метелке увеличилось на 9–18 % (2–4 шт.), масса семян с 1 м<sup>2</sup> возросла на 22–76 % (8,4–28,4 г.). За счет лучших условий налива в вариантах защиты зафиксировано увеличение

Таблица 3

Влияние обработки растений стимуляторами роста и фунгицидами на структуру урожая овсяницы луговой, 2018 г.

Варианты	Общее число побегов на 1 м <sup>2</sup>	Число продуктивных побегов на 1 м <sup>2</sup> , шт.	Средняя длина метелки, см	Среднее число колосков в метелке, шт.	Масса семян с 1 м <sup>2</sup> , г.	Средняя масса семян одного соцветия, г.	Среднее число семян в соцветии, шт.	Масса 1000 семян, г.	Биологическая урожайность, т/га
Без обработки посевов (контроль)	597	523	17,0	19,5	37,6	0,15	58	2,65	0,78
«Фитолавин» 1,5 л/га	909	534	18,5	23,0	53,6	0,23	70	3,15	1,23
«Лариксин» 50 г/га	588	520	19,3	24,6	61,4	0,25	72	3,00	1,30
«Колосаль Про» 0,5 л/га	787	506	18,4	25,1	66,5	0,27	75	2,85	1,37
«Стрекар» 0,5 л/га	885	502	19,9	22,4	42,3	0,16	66	2,90	0,80
«Фитолавин» 1,5 л/га + «Колосаль Про» 0,5 л/га	764	535	18,5	21,5	62,0	0,19	63	2,80	1,02

Table 3

Influence of plant treatment with growth stimulants and fungicides on the structure of the meadow fescue crop, 2018

Variant	Total number of shoots per 1 m <sup>2</sup>	Number of productive shoots per 1 m <sup>2</sup> , pcs.	The average length of panicle, cm	Average number of spikelets in a panicle, pcs.	Seed weight from 1 m <sup>2</sup> , g	Average weight of seeds of one inflorescence, g	Average number of seeds per inflorescence, pcs.	Weight of 1000 seeds, g	Biological yield, t/ha
Without treatment of crops (control)	597	523	17.0	19.5	37.6	0.15	58	2.65	0.78
"Fitolavin" 1.5 l/ha	909	534	18.5	23.0	53.6	0.23	70	3.15	1.23
"Lariksine" 50 g/ha	588	520	19.3	24.6	61.4	0.25	72	3.00	1.30
"Kolosal' Pro", 0.5 l/ha	787	506	18.4	25.1	66.5	0.27	75	2.85	1.37
"Strekar", 0.5 l/ha	885	502	19.9	22.4	42.3	0.16	66	2.90	0.80
"Fitolavin" 1.5 l/ha + "Kolosal' Pro" 0.5 l/ha	764	535	18.5	21.5	62.0	0.19	63	2.80	1.02

Таблица 4

Влияние обработки растений стимуляторами роста и фунгицидами на структуру урожая овсяницы луговой третьего года вегетации, 2019 г.

Варианты	Общее число побегов на 1 м <sup>2</sup>	Число продуктивных побегов на 1 м <sup>2</sup> , шт.	Средняя длина метелки, см	Среднее число колосков в метелке, шт.	Масса семян с 1 м <sup>2</sup> , г.	Средняя масса семян одного соцветия, г.	Среднее число семян в соцветии, шт.	Масса 1000 семян, г.	Биологическая урожайность, т/га
Без обработки посевов (контроль)	538	378	15	25	37	0,16	62	1,82	0,60
«Фитолавин» 1,5 л/га	483	387	15	27	49	0,29	72	2,38	1,12
«Лариксин» 50 г/га	509	397	16	26	57	0,31	76	2,21	1,23
«Колосаль Про» 0,5 л/га	566	465	14	28	65	0,32	80	2,30	1,49
«Стрекар» 0,5 л/га	506	363	14	26	49	0,25	66	2,39	0,91
«Фитолавин» 1,5 л/га + «Колосаль Про» 0,5 л/га	613	486	14	27	62	0,27	74	2,49	1,31

## Influence of plant treatment with growth stimulants and fungicides on the structure of the meadow fescue crop of the third year of vegetation, 2019

Variant	Total number of shoots per 1 m <sup>2</sup>	Number of productive shoots per 1 m <sup>2</sup> , pcs.	The average length of panicle, cm	Average number of spikelets in a panicle, PCs.	Seed weight from 1 m <sup>2</sup> , g	Average weight of seeds of one inflorescence, g	Average number of seeds per inflorescence, pcs.	Weight of 1000 seeds, g	Biological yield, t/ha
Without treatment of crops (control)	538	378	15	25	37	0.16	62	1.82	0.60
"Fitolavin" 1.5 l/ha	483	387	15	27	49	0.29	72	2.38	1.12
"Lariksín" 50 g/ha	509	397	16	26	57	0.31	76	2.21	1.23
"Kolosal' Pro", 0.5 l/ha	566	465	14	28	65	0.32	80	2.30	1.49
"Strekar", 0.5 l/ha	506	363	14	26	49	0.25	66	2.39	0.91
"Fitolavin" 1.5 l/ha + "Kolosal' Pro" 0.5 l/ha	613	486	14	27	62	0.27	74	2.49	1.31

полновесности зерновок овсяницы луговой на 15–24 % (0,34–0,41 г.) к контролю. Биологическая урожайность семян овсяницы луговой увеличивалась на 0,19–0,88 т/га (28–131 %) по отношению к контролю, что подтверждается и фактической урожайностью.

Варианты с обработкой растений по вегетации стимуляторами роста и средствами защиты давали существенную прибавку урожайности семян овсяницы луговой по сравнению с вариантом без обработки.

Своевременный фитосанитарный мониторинг посевов овсяницы луговой и проведение защитных мероприятий позволяют существенно снизить потери урожайности семян от заболеваний, что, в свою очередь, повысит качество семян.

## Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

На основании проведенных исследований установлено, что обработка посевов овсяницы луговой фунгицидами и биопрепаратами повышает урожайность семян на 0,11–0,26 т/га, или 32–76 %, способствует лучшему развитию растений и защите их от болезней. Самой эффективной оказалась обработка посевов комбинированным препаратом системного действия «Колосаль Про» в дозе 0,5 л/га, прибавка урожайности составила 0,26 т/га или 76 %.

По результатам двухлетних исследований защиту посевов овсяницы луговой от листостеблевых болезней следует считать целесообразной и перспективной для рекомендации производству.

## Библиографический список

1. Жученко А. А. Адаптивное растениеводство (эколого-генетические основы): теория и практика. М.: ООО «Издательство Агрорус», 2009. Т. 2. 1098 с.
2. Шамсутдинов З. Ш. Селекция кормовых культур: достижения и задачи // Сельскохозяйственная биология. 2014. Т. 49. № 6. С. 36–45. DOI: 10.15389/agrobiology.2014.6.36rus.
3. Дегунова Н. Б., Данилова Ю. Б., Шкодина Е. П. Перспективы использования кормовых культур для создания зеленых конвейеров в условиях Новгородской области // Научный альманах. 2015. № 6 (8). С. 169–177.
4. Дегунова Н. Б., Шкодина Е. П. Агрэко-системы с многолетними травами в кормопроизводстве Новгородской области // Владимирский земледелец. 2017. № 3 (81). С. 17–20.
5. Золотарев В. Н., Переprawo Н. И. Агробиологические особенности сортов диплоидной и тетраплоидной овсяницы луговой (*Festuca pratensis* Huds.) при возделывании на семена и газонном использовании // Адаптивное кормопроизводство. 2016. № 3. С. 53–68.
6. Золотарев В. Н., Переprawo Н. И., Комахин П. И., Анисимов А. А. Особенности формирования высокопродуктивных семенных травостоев овсяницы луговой пастбищно-сенокосного типа в условиях суходола и поймы // Кормопроизводство. 2018. № 9. С. 17–25.
7. Кулаков В. А., Щербаков М. Ф. Продуктивность травосмесей на основе овсяницы луговой // Достижения науки и техники АПК. 2008. № 5. С. 39–40.
8. Дьяченко О. В., Дронов, А. В., Слезко Е. И. Возделывание многолетних травосмесей как способ эффективного обеспечения кормопроизводства Брянской области // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2016. № 6 (58). С. 29–33.
9. Поздняков В. А., Ковалева Н. В. Особенности выращивания новых сортов многолетних трав селекции ЛНИИСХ «Белогорка» // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. 2017. № 92. С. 121–126.
10. Щанникова М. А., Тебердиев Д. М., Юферева Н. И. Оценка видов и сортов злаковых трав для создания газонов // Многофункциональное адаптивное кормопроизводство: сборник научных трудов. М., 2015. С. 206–211.
11. Косолапов В. М., Чесноков Ю. В. Возможные экологические риски при коммерческом выращивании кормовых трансгенных культур // Физиология растений. 2015. Т. 62. № 2. С. 155–166. DOI: 10.7868/S0015330315020086.
12. Yorgensen M., Yunttila O. Competition between meadow fescue (*Festuca pratensis* Huds.) and timothy (*Phleum pratense* L.) at tree levels of nitrogen fertilization, during three growing seasons. // Journal of Agronomy and Crop Science. 1994. Vol. 173. No. 5. Pp. 326–337.
13. Zimmermann M., Nosberger Y. Effect of management intensities and sward structures on dry-matter production of meadow fescue (*Festuca pratensis* Huds.) in permanent grassland // Journal of Agronomy and Crop Science. 1999. Vol. 182. No. 3. Pp. 145–152.

14. Carlen C., Kolliker R., Nosberger Y. Dry matter allocation and nitrogen productivity explain growth responses to photoperiod and temperature in forage grasses // *Oecologia*. 1999. Vol. 121. No. 4. Pp. 441–446.
15. Лукиных Г. Л., Луганская С. Н. Морфобиологическая характеристика многолетних злаковых трав, используемых для создания газонов в условиях Среднего Урала: методическое пособие для студентов очной и заочной форм обучения. Екатеринбург, 2010. 36 с.
16. Шамсутдинов З. Ш., Косолапов В. М., Шамсутдинова Э. З., Благодарумова М. В., Шамсутдинов Н. З. О концепции экологической ниши и ее роли в практике конструирования адаптивных аридных пастбищных агроэкосистем // *Сельскохозяйственная биология*. 2018. Т. 53. № 2. С. 270–281. DOI: 10.15389/agrobiology.2018.2.270rus.
17. Нагибин А. Е., Тормозин М. А., Зырянцева А. А. Травы в системе кормопроизводства Урала: монография. Екатеринбург: ИПП Уральский рабочий, 2018. 784 с.
18. Государственный реестр селекционных достижений [Электронный ресурс]. URL: <https://reestr.gossortrf.ru> (дата обращения: 30.06.2020).
19. Золотарев В. Н., Катков В. А., Чекмарев П. А. Культура райграса однолетнего. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2010. 332 с.
20. Золотарев В. Н., Лебедева Н. Н. Дифференцированное применение минеральных удобрений на семенных посевах тетраплоидной овсяницы луговой // *Достижения науки и техники АПК*. 2013. № 2. С. 13–16.
21. Гайсин И. А., Пахомова В. М. Полифункциональные хелатные микроудобрения. Казань, 2016. 315 с.
22. Золотов А. А., Хисматуллин М. М. Улучшение и использование природных сенокосов и пастбищ Среднего Поволжья: монография. Казань: «Зур Казан», 2014. 266 с.
23. Улучшение и использование пойменных лугов: монография / А. А. Зотов, М. М. Хисматуллин, В. М. Косолапов, Н. В. Панферов, Д. М. Тебердиев, И. А. Трофимов, А. В. Шевцов. М.: Россельхозакадемия, 2013. 690 с.
24. Сафиоллин Ф. Н., Галиев К. Х. Клевер луговой: на корм и семена. – Казань, 2005. 228 с.
25. Хисматуллин М. М., Хисматуллин М. М., Сафиоллин Ф. Н. Практические приемы частичной замены минеральных удобрений листовой подкормкой многолетних трав на серых лесных почвах Среднего Поволжья // *Кормопроизводство*. 2019. № 7. С. 12–18.
26. Беляк В. Б. Интенсификация кормопроизводства биологическими приемами (теория и практика). Пенза, 1998. 150 с.
27. Khismatullin M. M. Alternative sources of fertilizer nutrition elements of perennial grasses in gray forest soils of Tatarstan Republic // *Sciences of Europe*. Praha, Czech Republic. 2018. Vol. 2. No. 33. Pp. 9–13.
28. Safiollin F. N., Khismatullin M. M., Khismatullin M. M. Biological nitrogen accretion in gray forest soil of Tatarstan Republic depending on the mineral nutrition level of a single or multi alfalfa (*Medicago Varita*) Agrocoenosis. // *Sciences of Europe the European scientific community*. Praha, Czech Republic. 2016. Vol. 1. No. 8 (8). Pp. 59–62.
29. Хисматуллин М. М. Бобовые и бобово-злаковые многолетние травы – составная часть органического земледелия Республики Татарстан // *Вестник Казанского ГАУ*. 2019. № 2 (53). С. 64–67.
30. Государственный реестр селекционных достижений (сорта растений). Сорт Надежда [Электронный ресурс]. URL: <https://reestr.gossortrf.ru/sorts/9902040> (дата обращения: 20.06.2020).
31. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1985. 351 с.
32. Методические указания по проведению исследований в семеноводстве многолетних трав / М. А. Смурыгин [и др.]. М., 1986. 135 с.

**Об авторах:**

Максим Александрович Тормозин<sup>1</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, заведующий отделом селекции и семеноводства многолетних трав; +7 922 114-10-28, [tormozinma@mail.ru](mailto:tormozinma@mail.ru)

Александр Васильевич Беляев<sup>1</sup>, старший научный сотрудник отдела селекции и семеноводства многолетних трав, ORCID 0000-0002-7683-2183, AuthorID 169660; +7 963 046-49-97, [av.belyev@mail.ru](mailto:av.belyev@mail.ru)

Елена Михайловна Тихолаз<sup>1</sup>, младший научный сотрудник отдела селекции и семеноводства многолетних трав, ORCID 0000-0002-6233-8846, AuthorID 927387; +7 982 766-79-49, [tiholaz.lena@yandex.ru](mailto:tiholaz.lena@yandex.ru)

<sup>1</sup> Научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал Уральского федерального аграрного научно-исследовательского центра УрО РАН

## Influence of vegetation treatment with growth stimulants and protection agents on seed productivity of meadow fescue *Nadezhda*

M. A. Tormozin<sup>1</sup>✉, A. V. Belyaev<sup>1</sup>, E. M. Tikholaz<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Research Institute of Agriculture – a branch of the Ural Federal Agrarian Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences

✉ E-mail: [tormozinma@mail.ru](mailto:tormozinma@mail.ru)

**Abstract.** The article provides information about the yield, development of leaf-stem diseases, as well as the biological effectiveness of drugs on meadow fescue crops. The **purpose** of research is to study the influence of protective agents and growth stimulants that provide the most complete realization of the potential of seed productivity of meadow fescue. After applying

protection products, crop structure for 2018–2019 Treatment of plants for vegetation in the phase of entering the tube – the beginning of earing, the following drugs were used: “Fitolavin” – 1.5 l/ha; “Larixsin” – 50 g/ha; “Kolosal’ Pro” – 0.5 l/ha; “Strekar” – 1.5 l/ha; “Fitolavin” – 1.5 l/ha + “Kolosal’ Pro” – 0.5 l/ha. **Research methodology and methods.** The experience consists of 18 plots. The total area of one plot is 42 m<sup>2</sup>, the accounting area of one plot is 28 m<sup>2</sup>. Plots are placed – blockwise, repetitions are randomized, the repetition is 3-fold. Observations and studies were conducted according to the generally accepted methodology. Meteorological conditions in 2018–2019 significantly varied from the long-term average. The hydrothermal coefficient (GTC) for the growing season in 2018 was 1.4; in 2019, it was 1.77, which is higher than the long – term average (1.57). **Results.** The development of the disease on average for all tiers of leaves for two years (2018–2019) in the control was 23.7 %, the prevalence – 67.5 %. In the variants with fungicides and biologics, the development and prevalence of leaf-stem diseases ranged from 9.4 to 17.4 % and from 32.4 to 56.5 %, respectively. The use of plant protection products led to a decrease in the development of diseases by 1.4–2.5 times (by 6.3–14.3 %), and the prevalence – by 1.2–2.1 times (by 11.0–35.1 %). The biological effectiveness of plant protection products ranged from 26.6 to 60.3 %. The applied preparations on average for two years of research provided a reliable increase in seed yield from 0.11 to 0.26 t/ha (from 32 to 76 %). **Scientific novelty.** The increase in seed productivity according to two-year data (2018–2019) was obtained due to a significant increase in all components of the yield structure.

**Keywords:** meadow fescue, herbage, seed productivity, variety, seed yield, growth stimulants.

**For citation:** Tormozin M. A., Belyaev A. V., Tikholaz E. M. Vliyanie obrabotki rasteniy po vegetatsii stimulyatorami rosta i sredstvami zashchity na semennyu produktivnost’ ovsyaniy lugovoy sorta Nadezhda [Influence of vegetation treatment with growth stimulants and protection agents on seed productivity of meadow fescue Nadezhda] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2020. No. 11 (202). Pp. 28–36. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-202-11-28-36. (In Russian.)

**Paper submitted:** 30.07.2020.

### References

- Zhuchenko A. A. Adaptivnoe rastenievodstvo (ekologo-geneticheskie osnovy): teoriya i praktika [Adaptive crop production (ecological and genetic basis): theory and practice]. Moscow: OOO “Izdatel’stvo Agrorus”, 2009. T. 2. 1098 p. (In Russian.)
- Shamsutdinov Z. Sh. Selektsiya kormovykh kul’tur: dostizheniya i zadachi [Breeding of forage crops: achievements and challenges] // Agricultural biology. 2014. T. 49. No. 6. Pp. 36–45. DOI: 10.15389/agrobology.2014.6.36rus. (In Russian.)
- Degunova N. B., Danilova Yu. B., Shkodina E. P. Perspektivy ispol’zovaniya kormovykh kul’tur dlya sozdaniya zelenykh konveyerov v usloviyakh Novgorodskoy oblasti [Prospects for using forage crops to create green conveyors in the Novgorod region] // Nauchnyy al’manakh. 2015. No. 6 (8). Pp. 169–177. (In Russian.)
- Degunova N. B., Shkodina E. P. Agroekosistemy s mnogoletnimi travami v kormoproizvodstve Novgorodskoy oblasti [Agroecosystems with perennial grasses in the feed production of the Novgorod region] // Vladimirskiy zemledelets. 2017. No. 3 (81). Pp. 17–20. (In Russian.)
- Zolotarev V. N., Perepravo N. I. Agrobiologicheskie osobennosti sortov diploidnoy i tetraploidnoy ovsyaniy lugovoy (Festuca pratensis Huds.) pri vozdeleyanii na semena i gazonom ispol’zovanii [Agrobiological features of varieties of diploid and tetraploid meadow fescue (Festuca pratensis Huds.) when cultivated for seeds and lawn use] // Adaptive Fodder Production. 2016. No. 3. Pp. 53–68. (In Russian.)
- Zolotarev V. N., Perepravo N. I., Komakhin P. I., Anisimov A. A. Osobennosti formirovaniya vysokoproduktivnykh semennykh travostoev ovsyaniy lugovoy pastbishchno-senokosnogo tipa v usloviyakh sukhodola i poymy [Features of formation of highly productive seed stands of meadow fescue pasture-hay type in the conditions of dry land and floodplain] // Kormoproizvodstvo. 2018. No. 9. Pp. 17–25. (In Russian.)
- Kulakov V. A., Shcherbakov M. F. Produktivnost’ travosmesey na osnove ovsyaniy lugovoy [Productivity of grass mixtures based on meadow fescue] // Achievements of Science and Technology of AIC. 2008. No. 5. Pp. 39–40. (In Russian.)
- D’yachenko O. V., Dronov A. V., Slezko E. I. Vozdeleyvanie mnogoletnikh travosmesey kak sposob effektivnogo obespecheniya kormoproizvodstva Bryanskoy oblasti [Cultivation of perennial grass mixtures as a way to effectively ensure feed production in the Bryansk region] // Vestnik Bryanskoy gosudarstvennoy sel’skokhozyaystvennoy akademii. 2016. No. 6 (58). Pp. 29–33. (In Russian.)
- Pozdnyakov V. A., Kovaleva N. V. Osobennosti vyrashchivaniya novykh sortov mnogoletnikh trav selektzii LNIISKh “Belogorka” [Features of cultivation of new varieties of perennial grasses breeding Leningrad Research Institute of Agriculture “Belogorka”] // Tekhnologii i tekhnicheskie sredstva mekhanizirovannogo proizvodstva produktii rastenievodstva i zhivotnovodstva. 2017. No. 92. Pp. 121–126. (In Russian.)
- Shchannikova M. A., Teberdiev D. M., Yufereva N. I. Otsenka vidov i sortov zlakovykh trav dlya sozdaniya gazonov [Evaluation of types and varieties of grasses for creating lawns] // Mnogofunktsional’noe adaptivnoe kormoproizvodstvo: sbornik nauchnykh trudov. Moscow, 2015. Pp. 206–211. (In Russian.)
- Kosolapov V. M., Chesnokov Yu. V. Vozmozhnye ekologicheskie riski pri kommercheskom vyrashchivanii kormovykh transgennykh kul’tur [Possible environmental risks in commercial cultivation of forage transgenic crops] // Fiziologiya rasteniy. 2015. T. 62. No. 2. Pp. 155–166. DOI: 10.7868/S0015330315020086. (In Russian.)
- Yorgensen M., Yunttila O. Competition between meadow fescue (Festuca pratensis Huds.) and timothy (Phleum pratense L.) at tree levels of nitrogen fertilization, during three growing seasons. // Journal of Agronomy and Crop Science. 1994. Vol. 173. No. 5. Pp. 326–337.

13. Zimmermann M., Nosberger Y. Effect of management intensities and sward structures on dry-matter production of meadow fescue (*Festuca pratensis* Huds.) in permanent grassland // *Journal of Agronomy and Crop Science*. 1999. Vol. 182. No. 3. Pp. 145–152.
14. Carlen C., Kolliker R., Nosberger Y. Dry matter allocation and nitrogen productivity explain growth responses to photoperiod and temperature in forage grasses // *Oecologia*. 1999. Vol. 121. No. 4. Pp. 441–446.
15. Lukinykh G. L., Luganskaya S. N. Morfobiologicheskaya kharakteristika mnogoletnikh zlakovykh trav, ispol'zuemykh dlya sozdaniya gazonov v usloviyakh Srednego Urala: metodicheskoe posobie dlya studentov ochnoy i zaochnoy form obucheniya [Morphobiological characteristics of perennial grasses used for creating lawns in the Middle Urals: methodological guide for full-time and part-time students]. Ekaterinburg, 2010. 36 p. (In Russian.)
16. Shamsutdinov Z. Sh., Kosolapov V. M., Shamsutdinova E. Z., Blagorazumova M. V., Shamsutdinov N. Z. O kontseptsii ekologicheskoy nishi i ee roli v praktike konstruirovaniya adaptivnykh aridnykh pastbishchnykh agroekosistem [On the concept of ecological niche and its role in the practice of designing adaptive arid pasture agroecosystems] // *Agricultural biology*. 2018. T. 53. No. 2. Pp. 270–281. DOI: 10.15389/agrobology.2018.2.270rus. (In Russian.)
17. Nagibin A. E., Tormozin M. A., Zyryantseva A. A. Travy v sisteme kormoproizvodstva Urala: monografiya [Herbs in the system of forage production in the Urals: monography]. Ekaterinburg: IPP Ural'skiy rabochiy, 2018. 784 p. (In Russian.)
18. Gosudarstvennyy reestr selektsionnykh dostizheniy [State register of selection achievements] [e-resource]. URL: <https://reestr.gosortrf.ru> (appeal date: 30.06.2020). (In Russian.)
19. Zolotarev V. N., Katkov V. A., Chekmarev P. A. Kul'tura raygrasa odnoletnego [Culture of annual ryegrass]. M.: FGNU "Rosinformagrotekh". 2010. 332 p. (In Russian.)
20. Zolotarev V. N., Lebedeva N. N. Differentsirovannoe primeneniye mineral'nykh udobreniy na semennykh posevakh tetraploidnoy ovsyaniy lugovoy [Differentiated application of mineral fertilizers on seed crops of tetraploid meadow fescue] // *Achievements of Science and Technology of AIC*. 2013. No. 2. Pp. 13–16. (In Russian.)
21. Gaysin I. A., Pakhomova V. M. Polifunktsional'nye khelatnye mikroudobreniya [Multifunctional chelated microfertilizers]. Kazan, 2016. 315 p. (In Russian.)
22. Zolotov A. A., Khismatullin M. M. Uluchsheniye i ispol'zovaniye prirodnykh senokosov i pastbishch Srednego Povolzh'ya: monografiya [Improvement and use of natural hayfields and pastures in the Middle Volga region: monography] Kazan: "Zur Kazan", 2014. 266 p. (In Russian.)
23. Uluchsheniye i ispol'zovaniye poymennykh lugov: monografiya [Improvement and use of floodplain meadows: monography] / A. A. Zotov, M. M. Khismatullin, V. M. Kosolapov, N. V. Panferov, D. M. Teberdiev, I. A. Trofimov, A. V. Shevtsov. Moscow: Rossel'khozakademiya, 2013. 690 p. (In Russian.)
24. Safiollin F. N., Galiev K. Kh. Klever lugovoy: na korm i semena [Meadow clover: for food and seeds]. Kazan, 2005. 228 p. (In Russian.)
25. Khismatullin M. M., Khismatullin M. M., Safiollin F. N. Prakticheskie priemy chastichnoy zameny mineral'nykh udobreniy listovoy podkormkoy mnogoletnikh trav na serykh lesnykh pochvakh Srednego Povolzh'ya [Practical methods of partial replacement of mineral fertilizers with leaf feeding of perennial grasses on gray forest soils of the Middle Volga region] // *Kormoproizvodstvo*. 2019. No. 7. Pp. 12–18. (In Russian.)
26. Belyak V. B. Intensifikatsiya kormoproizvodstva biologicheskimi priemami (teoriya i praktika) [Intensification of feed production by biological methods (theory and practice)]. Penza, 1998. 150 p. (In Russian.)
27. Khismatullin M. M. Alternative sources of fertilizer nutrition elements of perennial grasses in gray forest soils of Tatarstan Republic // *Sciences of Europe*. Praha, Czech Republic. 2018. Vol. 2. No. 33. Pp. 9–13.
28. Safiollin F. N., Khismatullin M. M., Khismatullin M. M. Biological nitrogen accretion in gray forest soil of Tatarstan Republic depending on the mineral nutrition level of a single or multi alfaalfa (*Medicago Varita*) Agrocoenosis. // *Sciences of Europe the European scientific community*. Praha, Czech Republic. 2016. Vol. 1. No. 8 (8). Pp. 59–62.
29. Khismatullin M. M. Bobovye i bobovo-zlakovye mnogoletnie travy – sostavnaya chast' organicheskogo zemledeliya Respubliki Tatarstan [Legumes and leguminous-cereal perennial grasses are an integral part of organic farming in the Republic of Tatarstan] // *Vestnik of the Kazan State Agrarian University*. 2019. No. 2 (53). Pp. 64–67. (In Russian.)
30. Gosudarstvennyy reestr selektsionnykh dostizheniy (sorta rasteniy). Sort Nadezhda [State register of selection achievements (plant varieties). Grade Nadezhda] [e-resource]. URL: <https://reestr.gosortrf.ru/sorts/9902040> (appeal date: 20.06.2020). (In Russian.)
31. Dospikhov B. A. Metodika polevogo opyta [Methods of field experience]. Moscow: Kolos, 1985. 351 p. (In Russian.)
32. Metodicheskie ukazaniya po provedeniyu issledovaniy v semenovodstve mnogoletnikh trav [Guidelines for conducting research in the seed production of perennial grasses] / M. A. Smurygin, et al. Moscow, 1986. 135 p. (In Russian.)

#### Authors' information:

Maksim A. Tormozin<sup>1</sup>, candidate of agricultural sciences, leading researcher of the department of breeding and seed production of perennial grasses, ORCID 0000-0001-9108-4518, AuthorID 754229; +7 922 114-10-28, [tormozinma@mail.ru](mailto:tormozinma@mail.ru)

Aleksandr V. Belyaev<sup>1</sup>, senior researcher of the department of breeding and seed production of perennial grasses, ORCID 0000-0002-7683-2183, AuthorID 169660; +7 963 046-49-97, [av.belyev@mail.ru](mailto:av.belyev@mail.ru)

Elena M. Tikholaz<sup>1</sup>, junior researcher of the department of breeding and seed production of perennial grasses, ORCID 0000-0002-6233-8846, AuthorID 927387; +7 982 766-79-49, [tiholaz.lena@yandex.ru](mailto:tiholaz.lena@yandex.ru)

<sup>1</sup> Research Institute of Agriculture – a branch of the Ural Federal Agrarian Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences

## Интенсивность формирования травостоя на имитационных моделях пастбищ различного сезона использования

С. Ю. Турко<sup>1✉</sup>, К. Ю. Трубакова<sup>1</sup>

✉ E-mail: turkosvetlana73@mail.ru

<sup>1</sup> Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук, Волгоград, Россия

**Аннотация.** Целью исследований является обоснование связи между показателем наибольшего прироста растений с конкретной нормой выпаса животных на пастбище. Необходимо решить задачи с интенсивностью выпаса, а также по полученным данным установить статистическую зависимость между параметрами логистического уравнения, описывающего среднестатистический рост растений в условиях естественного выпаса животных. **Методы исследований.** Закладка опытов была проведена на вегетационных площадках лизиметрического комплекса ФНЦ агроэкологии РАН с различными почвенными субстратами (Кумский песок, Бажиганский песок, черноземовидный супесчаный субстрат). Был проведен посев смесей поликомпонентных трав Ставропольской селекции для дальнейшего анализа роста и развития растений с учетом разного сезона использования. **Результаты исследований.** В статье приведено уравнение хода роста травостоя за вегетационный период, которое доказывает, что и после изъятия части фитомассы закон роста растений сохраняется по принципу сигмоидной кривой. Максимальная высота растений после имитации стравливания фитомассы зафиксирована на лизиметре № 6 и в среднем составила: с изъятием  $\frac{1}{3}$  – 121 см;  $\frac{1}{2}$  – 97 см;  $\frac{2}{3}$  – 61 см. Наименьшая средняя высота растений отмечена на лизиметре № 13 – 64 см. Наибольшая высота на этом лизиметре составила 110 см при  $\frac{1}{3}$  изъятии. Средний прирост на конец вегетационного периода растений по всем имитационным моделям распределился следующим образом: при изъятии 33 % – 73 %; 50 % – 53 %; 67 % – 31 %. Проведенные эксперименты установили, что изымать более  $\frac{1}{3}$  фитомассы растений не рекомендуется. Для стабильного восстановления травостоя деградированных пастбищ главную роль играет норма изъятия фитомассы, точнее норма выпаса, учитывается также стадия вегетации, на которой находится растение. **Научная новизна.** Установлена связь между параметрами роста растений, которая позволяет прогнозировать характеристики дальнейшего прироста, улучшить естественные деградированные травостои, установить очередность выпаса на разных участках в соответствии с видовым составом растений.

**Ключевые слова:** травостой, пастбища, деградация, фитомасса, имитационные модели, имитация стравливания, уравнения хода роста.

**Для цитирования:** Турко С. Ю., Трубакова К. Ю. Интенсивность формирования травостоя на имитационных моделях пастбищ различного сезона использования // Аграрный вестник Урала. 2020. № 11 (202). С. 37–44. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-202-11-37-44.

**Дата поступления статьи:** 16.07.2020.

### Постановка проблемы (Introduction)

Привлечение внимания к генетическим ресурсам кормовых растений, создание генофонда с применением методов биотехнологии, получение исходного материала для организации высокопродуктивного аридного кормопроизводства – важнейшие задачи аридной науки [1, с. 271]. Деградация пастбищ в аридной зоне страны – это многоуровневая сложная экологическая и хозяйственная система, требующая многопланового подхода, особенно на территориях с почвенным субстратом легкого гранулометрического состава в районах, где дефляционная опасность очень высока [2, с. 69], [3, с. 10]. Особенно это относится к югу и юго-востоку Европейской части России, а это более 75 млн га территории, которая является кормовой базой традиционного пастбищного животноводства, основанного на свойстве их ежегодного самовоз-

обновления, при эксплуатации, не превышающей определенного предела (отсутствие перевыпаса). Эти условия часто не соблюдаются и приводят к деградации пастбищ. Следует отметить, что для половины деградированных пастбищ сейчас негативные изменения приобрели практически необратимый характер. Поэтому без крупных вложений в антропогенную энергию самостоятельное их восстановление или невозможно, или для этого требуется очень длительный период заповедного режима. На сегодняшний день требуется разработать методы ускоренной фитомелиорации пастбищ с учетом свойств растительного покрова, его долговечности, засухоустойчивости, солеустойчивости, кормовой ценности, хорошей возобновляемости и почвозащитности в ветроэрозийный период [4, с. 428]. Для эксплуатационных показателей пастбищ более важно знать объемные характеристики

[5, с. 74]. Это касается и норм выпаса скота, и деградиционных процессов на пастбищах. Динамика прироста растений напрямую зависит от почвенно-климатических условий и регулируемого объема изъятия фитомассы. Изъятие нужно проводить в период наиболее интенсивного прироста растений с учетом типа пастбища [6, с. 2], [7, с. 410].

#### Методология и методы исследования (Methods)

Для создания фоновой картины аридных пастбищных экосистем на основных полупустынных и пустынно-степных почвенных субстратах были созданы имитационные лизиметрические модели мелиорированных пастбищ для весенне-летнего, летнего и летне-осеннего использования [8, с. 28], [9, с. 58], [10, с. 31].

Закладка опытов была проведена в 2015 г. на вегетационных площадках лизиметрического комплекса ФНЦ агроэкологии РАН. Произвели посев смесей поликомпонентных кормовых трав. При подборе травосмесей сочетали злаковые, злаково-бобовые и злаково-полюнно-бобовые травы Ставропольской селекции (пырея удлиненного и солончакового, костра безостого, житняка гребенчатого, овсяницы луговой, полыней белой, черной и песчаной, люцерны синей).

Виды травосмесей:

1. Весенне-летнее пастбище: житняк + пырей + костер (ж + пр + к).
2. Летнее пастбище: житняк + овсяница + люцерна (ж + о + л).
3. Летне-осеннее пастбище: житняк + полынь + люцерна (ж + пл + л).

Опыты были заложены на разных почвенных субстратах: Кумский песок, Бажиганский песок, черноземовидная супесчаная почва. Бажиганские пески мелкозернисто-пылеватые, полиминеральные, карбонатные, более влагоемкие. Пески Кумского массива мелкозернистые и по водно-физическим свойствам близки к Бажиганским пескам. Черноземовидная супесчаная почва – это супесь песчаная со значительным содержанием крупного и среднего песка. Во всех почвенных субстратах в верхнем слое содержание гумуса варьировалось от 0,216 до 1,439 %. На черноземовидных супесчаных почвах (лизиметр № 6) отмечается повышенное содержание гумуса 1,087–1,756 %. Лизиметры № 13, 15 – Бажиганский и Кумский пески – очень близки по содержанию гумуса – 0,016–0,478 %. Норма высева для трав Ставропольской селекции – из расчета 10 кг/га, для полыней – 6–8 кг/га, люцерны – 8–12 кг/га. Соотношение видов – 1:1:1 [11, с. 17], [12, с. 215], [13], [14, с. 14], [15, с. 275].

За период 2015–2019 гг. на субстратах в течение вегетации проводились уходы за посевами, изучался рост и состояние растений, определялись продолжительность вегетационного периода, время цветения, плодоношения. Первое скашивание трав проводилось для бобовых в фазу бутонизации, для злаковых – в фазу трубкования с последующим скашиванием через 10, 20 и 30 суток, а также в конце вегетации. Норма изъятия фитомассы позволила выявить закономерность ее отрастания в функции времени после ее стравливания. Разработка моделей прогноза продуктивности природных пастбищ при раз-

ных режимах выпаса осуществлялось при помощи агрофизических законов продуцирования растений (законы растениеводства и земледелия) и данных по их отрастанию полученных на вегетационных площадках при различной норме изъятия фитомассы [16, с. 121], [17, с. 8], [18].

#### Результаты (Results)

Ранее мы уже применяли закон аллометрического роста, связав зависимость между высотой растений и объемными показателями травостоя [8, с. 27]. Объемные показатели в связи с высотой напрямую зависят от коэффициента покрытия травостоем поверхности и коэффициента оптической плотности растений. Исследования показали, что при изъятии части фитомассы растений в определенный период времени (искусственное стравливание) параметры травостоя по высоте и массе никогда не достигали тех величин, которые были в вариантах без изъятия части фитомассы. В более раннем исследовании приведены кривые хода роста травостоя за вегетационный период, которые свидетельствуют о том, что и после изъятия части фитомассы закон роста растений сохраняется (по принципу сигмоидной кривой) [8, с. 30]. Отметим, что интенсивность роста изменяется тем больше, чем больше изымается фитомассы.

Растения, как и все живые организмы, имеют биологический ритм роста. Чтобы придать выявленному закону теоретическое обрамление, были выведены уравнения хода роста растений, в которых появились дополнительные характеристики, требующие соответствующего описания.

Начнем с хода роста растений при разном изъятии фитомассы. Он, как показали эксперименты, может быть описан с помощью уравнения вида:

$$H_t = H_{m.i.o} \left( \frac{1}{1 + a_i e^{-\lambda_i t}} \right), \quad (1)$$

где  $a_i, \lambda_i$  – средние значения коэффициентов при том или ином изъятии части фитомассы, зависящие от условий роста растений;

$i$  – варианты изъятия фитомассы,

$t$  – возраст растений;

$H_{m.i.o}$  – максимальная высота растений после изъятия части фитомассы, см;

$H_t$  – высота растений возрасте  $t$ , (рис. 1, таблица 1).

Приведенные в таблице данные говорят о том, что лучшие условия для роста растений были созданы на лизиметре № 6. В среднем величин  $H_{m.i.o}$  на участке без изъятия составляла 130 см, с изъятием  $\frac{1}{2}$  – 97 см. Лизиметр № 13 выдал наихудший результат, где без изъятия  $H_{m.i.o}$  в среднем составляла 123 см, с изъятием  $\frac{1}{2}$  – 84 см.

Что же касается связи между  $a_i$  и  $\lambda_i$ , то она оказалась близкой к экспоненциальной с достаточно стабильным коэффициентом  $\theta$ . Выразим ее следующим образом:

$$a_i = e^{\theta \lambda_i}, \quad (2)$$

где  $\theta$  – коэффициент, который в среднем равен 49.

Зависимость (2) находилась из общефизических соображений, с использованием соответствующего гипотетического предположения дифференциальной связи и соответствующих граничных условий. Представим это следующим выражением:

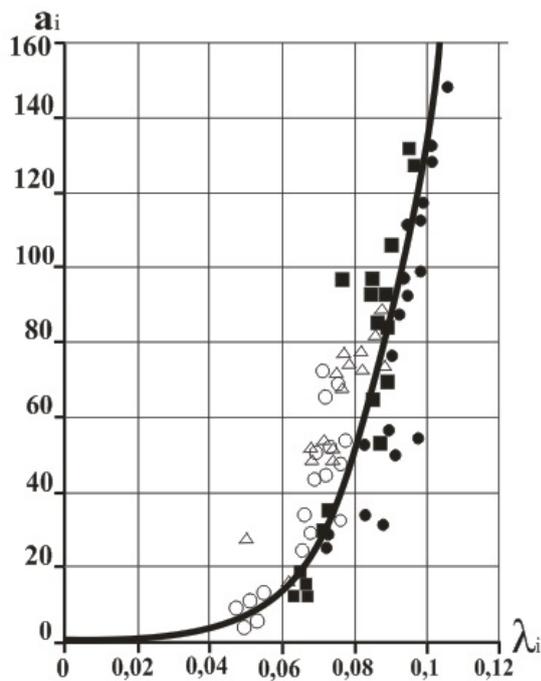


Рис. 1. Связь между показателями  $a_i$  и  $\lambda_i$ : ● – без изъятия фитомассы; ■ – изъятие  $\frac{1}{3}$  фитомассы; ○ – изъятие  $\frac{1}{2}$  фитомассы; Δ – изъятие  $\frac{2}{3}$  фитомассы

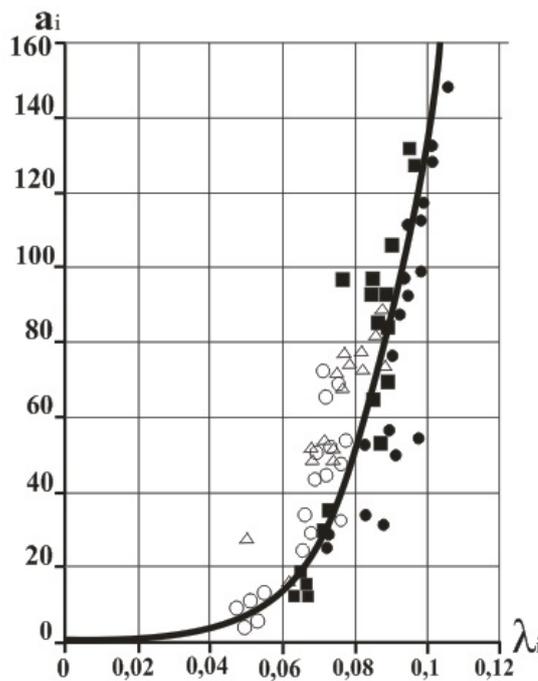


Fig. 1. The relationship between indicators  $a_i$  and  $\lambda_i$ : ● – without phytomass removal; ■ removal of  $\frac{1}{3}$  phytomass; ○ – removal of  $\frac{1}{2}$  phytomass; Δ – removal of  $\frac{2}{3}$  phytomass

Таблица 1

**Параметры, входящие в уравнение (1) хода роста растений по высоте при разном изъятии фитомассы**

Без изъятия			Изъятие $\frac{1}{3}$ фитомассы			Изъятие $\frac{1}{2}$ фитомассы			Изъятие $\frac{2}{3}$ фитомассы		
$a_i$	$\lambda_i$	$H_{m.i.o}$	$a_i$	$\lambda_i$	$H_{m.i.o}$	$a_i$	$\lambda_i$	$H_{m.i.o}$	$a_i$	$\lambda_i$	$H_{m.i.o}$
<b>Лизиметр № 6</b>											
33	0,083	130	23	0,073	120	15	0,063	95	15	0,058	63
58	0,090	130	53	0,085	123	47	0,078	96	53	0,078	65
149	0,104	130	132	0,094	120	78	0,077	99	74	0,071	83
<b>Лизиметр № 13</b>											
53	0,086	120	34	0,072	110	30	0,067	78	25	0,066	62
112	0,099	130	86	0,089	120	68	0,079	92	45	0,071	63
95	0,095	119	64	0,085	100	54	0,078	82	46	0,065	66
<b>Лизиметр № 15</b>											
167	0,107	115	124	0,097	108	77	0,082	83	33	0,078	55
100	0,099	130	96	0,078	120	75	0,078	95	53	0,069	66
115	0,096	120	92	0,089	108	79	0,085	93	60	0,076	66

Table 1

**The parameters included in equation (1) the movement of plant growth in height for different phytomass removal**

Without phytomass removal			Removal of $\frac{1}{3}$ phytomass			Removal of $\frac{1}{2}$ phytomass			Removal of $\frac{2}{3}$ phytomass		
$a_i$	$\lambda_i$	$H_{m.i.o}$	$a_i$	$\lambda_i$	$H_{m.i.o}$	$a_i$	$\lambda_i$	$H_{m.i.o}$	$a_i$	$\lambda_i$	$H_{m.i.o}$
<b>Lysimeter No. 6</b>											
33	0.083	130	23	0.073	120	15	0.063	95	15	0.058	63
58	0.090	130	53	0.085	123	47	0.078	96	33	0.078	55
149	0.104	130	132	0.094	120	78	0.077	99	53	0.069	66
<b>Lysimeter No. 13</b>											
53	0.086	120	34	0.072	110	30	0.067	78	25	0.066	62
112	0.099	130	86	0.089	120	68	0.079	92	45	0.071	63
95	0.095	119	64	0.085	100	54	0.078	82	46	0.065	66
<b>Lysimeter No. 15</b>											
167	0.107	115	124	0.097	108	77	0.082	83	53	0.078	65
100	0.099	130	96	0.078	120	75	0.078	95	60	0.076	66
115	0.096	120	92	0.089	108	79	0.085	93	74	0.071	83

$$\frac{da_i}{d\lambda_i} = \theta a_i \quad (3)$$

Вполне очевидно, что по  $a_i$  всегда можно находить значение  $\lambda_i$ , используя обратную зависимость функции вида:

$$\lambda_i = \frac{1}{\theta} \ln a_i \quad (4)$$

Таким образом, чтобы проблема с определением коэффициентов  $a_i$  и  $\lambda_i$ , была окончательно решена, рассчитав  $a_i$  или  $\lambda_i$ . Исследования показали, что легче всего определить коэффициент  $\alpha$ , он для вариантов без изъятия части фитомассы может быть найден из соотношения:

$$\frac{H_{m.i.o} - H_{min}}{H_{min}} \quad (5)$$

где  $H_{m.i.o}$  – минимальная высота растений в начале вегетации, см.

Как видим, появляется новая составляющая  $H_{min}$ , которая легко учитывается, зная фактический ход роста растительности, так как она связана с  $H_{m.i.o}$ . Для практических расчетов  $H_{min}$  можно принять равным 1,5 см. Что же касается  $H_{m.i.o}$ , то она может быть найдена по формуле (6):

$$H_{m.i.o} = 100 \cdot \left[ \frac{q_{max}}{31,5 \cdot K_{on}} \right]^2 \quad (6)$$

где  $q_{max}$  – максимальная фитомасса растений в конце вегетации в случае отсутствия изъятия определенной части фитомассы т/га;

$K_{on}$  – оптическая плотность травостоя (в опытах варьировалась от 0,04 до 0,34).

Все зависит от правильности задания параметров, заложенных в формулу (6). Изложенные материалы относятся к максимуму высоты и фитомассы, которая соответствует концу вегетации растений, причем без изъятия части фитомассы. Однако важно знать, каким образом эти параметры изменяются при изъятии части фитомассы. Иначе говоря, важно знать параметр  $H_{m.i.o}$ .

Чтобы сделать вывод о том, как влияет изъятие части фитомассы на дальнейший ход роста растений, мы проанализировали данные в безразмерной форме (таблица 2).

Как видно из таблицы 2 и рис. 2, нормированные величины параметров  $a_i$ ,  $\lambda_i$  и  $H_{m.i.o}$  для различных типов растительности и отдельных опытов варьируются в определенном промежутке и четко обозначают закономерности их связи с характеристиками  $\Delta h_{ck}$  и  $\Delta h_{ocm}$ . Выявлено, что на всех лизиметрах эти закономерности могут быть описаны однотипными уравнениями. По опытным данным были составлены следующие уравнения:

$$\frac{a_i}{a_0} = 1 - 0,546 \cdot \Delta h_{ck}^{0,834};$$

$$\frac{\lambda_i}{\lambda_0} = 1 - 0,44 \cdot \Delta h_{ck}^{0,751} \quad (7)$$

где  $a_0$ ,  $\lambda_0$  – среднее значение показателей для вариантов без изъятия части фитомассы растений;

$a_i$ ,  $\lambda_i$  – среднее значение показателей при определенном изъятии части фитомассы растений;

$\Delta h_{ck}$  – доля изъятия по высоте части фитомассы растений.

Если говорить о вариации этих нормированных показателей, то они с вероятностью 99 % лежат в пределах 7–25 % для  $\frac{a_i}{a_0}$  и 5–23 % для  $\frac{\lambda_i}{\lambda_0}$ .

В таблице 3 представлены данные прироста растений при изъятии 33, 50 и 67 % фитомассы через определенные промежутки времени.

По полученным данным из таблицы 3 видно, что с увеличением изымаемой фитомассы прирост растений ниже, причем этот прирост бывает тем меньше, чем больше объем изъятия. Средний прирост на конец вегетационного периода растений составил при изъятии 33 % – 73 %; 50 % – 53 %; 67 % – 31 %. Из этого следует, что для восстановления травостоя деградированных пастбищ необходимо точно рассчитывать норму изъятия фитомассы, точнее норму выпаса. Вместе с тем не стоит забывать, что интенсивность отрастания растений после изъятия меняется в зависимости от времени, т. е. нужно учитывать, на какой стадии вегетации находится растение.

Таблица 2

**Относительные значения параметров  $H_i$ ,  $a_i$  и  $\lambda_i$  при различных значениях изъятия части фитомассы ( $\Delta h_{ck}$ )**

№ лизиметра	Параметры								
	Изъятие 1/3 фитомассы			Изъятие 1/2 фитомассы			Изъятие 2/3 фитомассы		
	$\frac{H_{m.i.o}}{H_{p.m.o}}$	$\frac{a_i}{a_i}$	$\frac{\lambda_i}{\lambda_0}$	$\frac{H_{m.i.o}}{H_{p.m.o}}$	$\frac{a_i}{a_i}$	$\frac{\lambda_i}{\lambda_0}$	$\frac{H_{m.i.o}}{H_{p.m.o}}$	$\frac{a_i}{a_i}$	$\frac{\lambda_i}{\lambda_0}$
6	0,93	0,83	0,91	0,74	0,60	0,79	0,47	0,46	0,71
13	0,89	0,72	0,88	0,68	0,58	0,81	0,52	0,45	0,70
15	0,92	0,84	0,92	0,76	0,63	0,80	0,59	0,63	0,71

Table 2

**Relative values of the parameters  $H_i$ ,  $a_i$  and  $\lambda_i$  at various values of the removal of part of the phytomass ( $\Delta h_{gc}$ )**

No. of lysimeter	Parameters								
	Removal of 1/3 phytomass			Removal of 1/2 phytomass			Removal of 2/3 phytomass		
	$\frac{H_{m.i.o}}{H_{p.m.o}}$	$\frac{a_i}{a_i}$	$\frac{\lambda_i}{\lambda_0}$	$\frac{H_{m.i.o}}{H_{p.m.o}}$	$\frac{a_i}{a_i}$	$\frac{\lambda_i}{\lambda_0}$	$\frac{H_{m.i.o}}{H_{p.m.o}}$	$\frac{a_i}{a_i}$	$\frac{\lambda_i}{\lambda_0}$
6	0.93	0.83	0.91	0.74	0.60	0.79	0.47	0.46	0.71
13	0.89	0.72	0.88	0.68	0.58	0.81	0.52	0.45	0.70
15	0.92	0.84	0.92	0.76	0.63	0.80	0.59	0.63	0.71

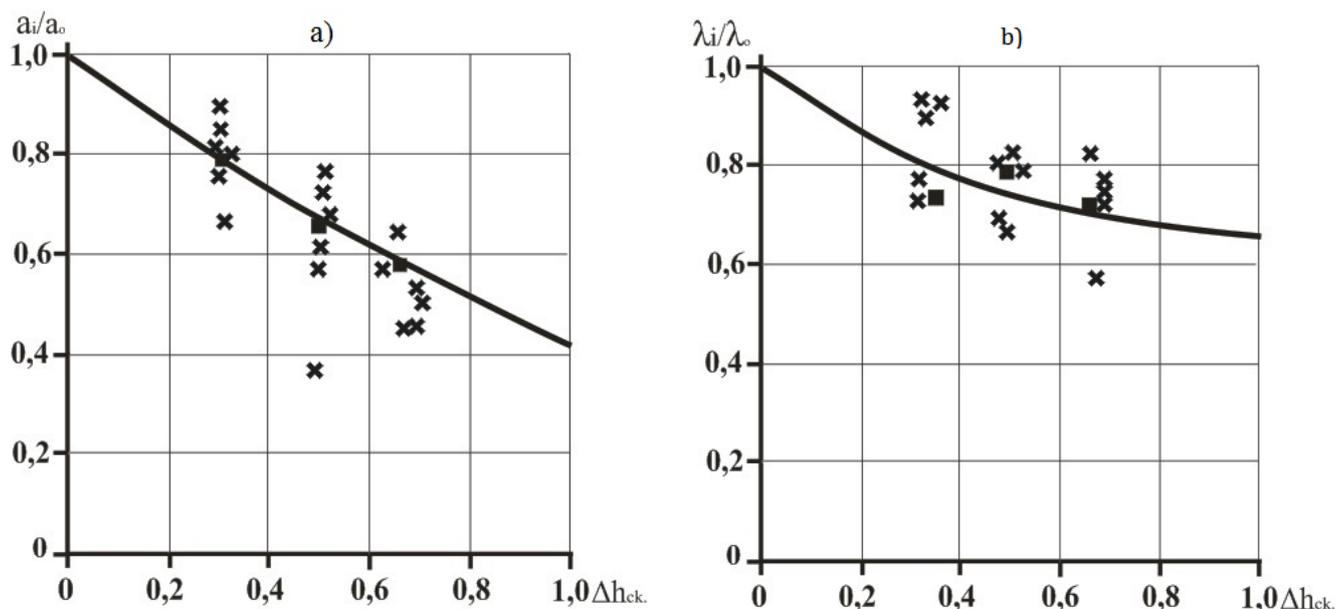


Рис. 2. Связь между: а)  $\frac{a_i}{a_0}$ , б)  $\frac{\lambda_i}{\lambda_0}$  и величиной изъятия части фитомассы  $\Delta h_{ck}$ :  
 ■ – среднее по всем вариантам; ✕ – средние по культуре и лизиметру  
 Fig. 2. The relationship between а)  $\frac{a_i}{a_0}$ , б)  $\frac{\lambda_i}{\lambda_0}$  and the removal of part of the phytomass  $\Delta h_{ck}$ :  
 ■ – average for all options; ✕ – average in culture and lysimeter

Таблица 3  
 Ход роста растений на лизиметре № 6 в зависимости от доли изъятия фитомассы, лизиметрический комплекс ФНЦ агроэкологии РАН

Сутки	Изъятие части фитомассы, см		
	33 %	50 %	67 %
40	41,7	33,3	22,3
60	86,7	61,7	40,0
80	115,0	86,0	53,3

Table 3  
 Plant growth movement on lysimeter No. 6 with different parts of phytomass removal, lysimetric complex FSC of Agroecology RAS

Days	Removing part of the phytomass, cm		
	33 %	50 %	67 %
40	41.7	33.3	22.3
60	86.7	61.7	40.0
80	115.0	86.0	53.3

### Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Связь между параметрами роста растений  $a$  и  $\lambda$  позволяет определенным образом прогнозировать дальнейшее поведение роста растений и рациональную норму ее отчуждения при естественном стравливании на песчаных землях аридной зоны. В среднем максимальная высота растений после имитации стравливания фитомассы зафиксирована на лизиметре № 6: с изъятием  $\frac{1}{3}$  – 121 см;  $\frac{1}{2}$  – 97 см;  $\frac{2}{3}$  – 61 см. Наименьшая средняя высота растений отмечена на лизиметре № 13 – 64 см. Наибольшая высота на этом лизиметре составила 110 см при  $\frac{1}{3}$  изъятии.

Установлено, что и после изъятия части фитомассы закон роста растений сохраняется по принципу сигмо-

идной кривой. Отметим, что интенсивность роста изменяется тем больше, чем больше изымается фитомассы. Средний прирост на конец вегетационного периода растений распределился следующим образом: при изъятии 33 % – 73 %; 50 % – 53 %; 67 % – 31 %. Проведенные эксперименты показали, что изымать более  $\frac{1}{3}$  фитомассы растений не рекомендуется. Изъятие должно проходить в период интенсивного роста растений (ближе к середине вегетационного периода), что связано с биометрическими ритмами растений.

Для стабильного восстановления травостоя деградированных пастбищ главную роль занимает норма изъятия фитомассы, точнее норма выпаса, с учетом стадии вегетации, на которой находится растение.

## Библиографический список

1. Шамсутдинов З. Ш., Косолапов В. М., Шамсутдинова Э. З., Благоразумова М. В., Шамсутдинов Н. З. О концепции экологической ниши и ее роли в практике конструирования адаптивных аридных пастбищных агроэкосистем // Сельскохозяйственная биология. 2018. Т. 53. № 2. С. 270–281. DOI: 10.15389/agrobiology.2018.2.270rus.
2. Зволинский В. П., Федорова В. А., Мухортова Т. В., Власенко М. В., Турко С. Ю. Технология создания устойчивых кормовых фитоценозов в условиях орошения северо-западного Прикаспия // Адаптивное кормопроизводство. 2016. № 1. С. 68–75.
3. Лапенко Н. Г., Оганян Л. Р. Присельские пастбища – важная кормовая база для животных индивидуального сектора // Аграрный вестник Урала. 2019. № 11. (190). С. 9–17. DOI:10.32417/article\_5dcd861e318036.10746233.
4. Васильев Ю. И. К вопросу о логистической модели формирования сухой фитомассы сельскохозяйственных растений // Защитное лесоразведение, мелиорация земель, проблемы агроэкологии и земледелия в Российской Федерации: сборник материалов Международной научно-практической конференции, посвященной 85-летию создания Всероссийского научно-исследовательского агролесомелиоративного института. Волгоград, 2016. С. 426–430.
5. Казьмин В. Д., Абатуров Б. Д., Джапова Р. Р., Аюшева Е. Ч., Джапова В. В., Нохаева Д. В., Миноранский В. А., Медяников И. Н. Показатели пастбищной экологии *Equus ferus przewalskii* (Equidae) в степях долины западного Маньча (юго-восток Ростовской области, Россия) // Nature Conservation Research. Заповедная наука. 2019. Т. 4. No. S2. С. 72–77. DOI: 10.24189/ncr.2019.022.
6. Watanabe T., Shirasaka S. Pastoral practices and common use of pastureland: the case of Karakul, north-eastern Tajik Pamirs // International Journal of Environmental Research and Public Health. 2018. Т. 15. No. 12. 2725. Pp. 1–18 DOI: 10.3390/ijerph15122725.
7. Morales A., Godoy M., Beltrán I, Muller A. Changes in herbage mass and time of herbage allocation modify nutritional and metabolic status of dairy cows // Chilean journal of agricultural research. 2018. Vol. 78 (3). Pp. 409–418. DOI: 10.4067/S0718-58392018000300409.
8. Турко С. Ю., Трубакова К. Ю. Рост и развитие растений на пастбищах аридной зоны и вопрос их эксплуатации (на примере искусственно созданных моделей) // Аграрный вестник Урала. 2019. № 4 (183). С. 27–34. DOI: 10.32417/article\_5cf950fe6812b9.37149947.
9. Турко С. Ю., Вдовенко А. В., Трубакова К. Ю. Имитационные модели мелиорированных пастбищ на различных почвах в условиях сухой степи и полупустыни // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2017. № 3 (67). С. 57–62.
10. Турко С. Ю., Трубакова К. Ю. Математическое моделирование в оптимизации использования пастбищ // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2017. № 2 (42). С. 30–34.
11. Власенко М. В. Видовое разнообразие и устойчивость фитоценозов песчаных пастбищ Ростовской области // Аграрная Россия. 2019. № 3. С. 17–21. DOI: 10.30906/1999-5636-2019-3-17-21.
12. Гасанов Г. Н., Салихов Ш. К., Гаджиев К. М., Маллалиев М. М., Шайхалова Ж. О., Гимбатова К. Б. Видовой состав и продуктивность луговых фитоценозов горы маяк (Гунибское плато, республика Дагестан) // Растительные ресурсы. 2016. № 52 (2). С. 214–224.
13. Лапенко Н. Г., Дудченко Л. В. Восстановление природной растительности с использованием ресурсосберегающей технологии создания травостоев сенокосно-пастбищного использования в условиях Ставропольского края: практические рекомендации. Ставрополь, 2019. 22 с.
14. Лапенко Н. Г., Ерошенко Ф. В., Сторчак И. Г. Растительность степных фитоценозов и особенности ее вегетации в условиях Ставропольского края // Аграрный вестник Урала. 2020. № 2 (193). С. 9–19. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-193-2-9-19.
15. Vlasenko M. V., Kulik A. K., Salugin A. N. Evaluation of the ecological status and loss of productivity of arid pasture ecosystems of the Sarpa lowland // Arid Ecosystems. 2019. Т. 9. No. 4. Pp. 273–281.
16. Суслов С. А. Законы растениеводства и земледелия // Вестник НГИЭИ. 2012. № 1 (8). С. 119–130.
17. Кулик К. Н., Салугин А. Н. Моделирование дефляции аридных пастбищ с помощью марковских цепей // Экосистемы: экология и динамика. 2017. № 1 (4). С. 5–22.
18. France J., Thornley J. H. M. Mathematical Models in Agriculture // The Quarterly Review of Biology. 1985. Vol. 60. No. 1. Pp. 135–136. DOI: 10.1086/414311.

## Об авторах:

Светлана Юрьевна Турко<sup>1</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник, ORCID 0000-0002-2546-4755, AuthorID 185088; +7 961 064-31-17, turkosvetlana73@mail.ru

Каринэ Юрьевна Трубакова<sup>1</sup>, младший научный сотрудник, ORCID 0000-0002-0528-3367, AuthorID 934885; +7 927 537-59-92, trubakova.karine@mail.ru

<sup>1</sup> Федеральное научное учреждение агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук, Волгоград, Россия

## Intensity of grass stand formation on simulation models of pastures for different seasons of use

S. Yu. Turko<sup>✉</sup>, K. Yu. Trubakova<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences, Volgograd, Russia

✉ E-mail: turkosvetlana73@mail.ru

**Abstract.** The purpose of the research is to substantiate the relationship between the parameter of the greatest growth of plants with a specific rate of grazing of animals on pasture. It is necessary to solve problems with the intensity of animal grazing, and also to establish, according to the data, a statistical relationship between the parameters of the logistic equation that describes the average statistical growth of plants on natural pastures. **Research methods.** The experiments were carried out at the research sites of the lysimetric complex of the FSC of Agroecology RAS with various soil substrates (Kumskiy sand, Bazhiganskiy sand, chernozem-like sandy loam substrate). Sowing mixtures of multicomponent herbs of the Stavropol selection was performed for further analysis of plant growth and development, taking into account the different season of use. **Results.** The article presents the equation of the course of growth of the grass stand for the growing season, which proves that even after the removal of part of the phytomass, the plant growth law is preserved according to the principle of the sigmoid curve. The maximum plant height after simulating phytomass etching was recorded on a lysimeter No. 6 and averaged: with phytomass removal of  $\frac{1}{3}$  – 121 cm,  $\frac{1}{2}$  – 97 cm,  $\frac{2}{3}$  – 61 cm. The smallest average plant height was noted on lysimeter No. 13 – 64 cm. The highest height on this lysimeter was 110 cm with  $\frac{1}{3}$  removal. The average growth at the end of the growing season of plants for all simulation models was distributed as follows: with the withdrawal of 33 % – 73 %; 50 % – 53 %; 67 % – 31 %. The experiments showed that it is not recommended to remove more than  $\frac{1}{3}$  of the plant phytomass. The main role is played by the rate of phytomass removal (grazing rate) for the stable restoration of the grass stand of degraded pastures, and it is also necessary to take into account the vegetative period of the plant. **Scientific novelty.** The relationship between plant growth parameters has been established. It allows you to predict the characteristics of further growth, improve the natural degraded grass stands, establish the sequence of grazing in different areas in accordance with the species composition of plants.

**Keywords:** grass, pastures, degradation, phytomass, simulation models, simulation of grass, growth equations of growth.

**For citation:** Turko S. Yu., Trubakova K. Yu. Intensivnost' formirovaniya travostoya na imitatsionnykh modelyakh pastbishch razlichnogo sezona ispol'zovaniya [Intensity of grass stand formation on simulation models of pastures for different seasons of use] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2020. No. 11 (202). Pp. 37–44. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-202-11-37-44. (In Russian.)

**Paper submitted:** 16.07.2020.

### References

1. Shamsutdinov Z. Sh., Kosolapov V. M., Shamsutdinova E. Z., Blagorazumova M. V., Shamsutdinov N. Z. O kontseptsii ekologicheskoy nishi i eye roli v praktike konstruirovaniya adaptivnykh aridnykh pastbishchnykh agroekosistem [About the concept of ecological niche and its role in design of adaptive arid pasture agroecosystems] // Agricultural Biology. 2018. T. 53. No. 2. Pp. 270–281. DOI: 10.15389/agrobiology.2018.2.270rus. (In Russian.)
2. Zvolinskiy V. P., Fedorova V. A., Mukhortova T. V., Vlasenko M. V., Turko S. Yu. Tekhnologiya sozdaniya ustoychivyykh kormovykh fitotsenozov v usloviyakh orosheniya severo-zapadnogo Prikaspiya [The technology of creating sustainable fodder phytocenoses under irrigation conditions in the northwestern Caspian] // Adaptive Fodder Production. 2016. No. 1. Pp. 68–75. (In Russian.)
3. Lapenko N. G., Oganyan L. R. Prisel'skiye pastbishcha – vazhnaya kormovaya baza dlya zhivotnykh individual'nogo sektora [Rural pastures - the important food supply for animals of the individual sector] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2019. № 11. (190). Pp. 9–17. DOI: 10.32417/article\_5dcd861e318036.10746233. (In Russian.)
4. Vasil'ev Yu. I. K voprosu o logisticheskoy modeli formirovaniya sukhoy fitomassy sel'skokhozyaystvennykh rasteniy [To the question of the logistic model of the formation of dry phytomass of agricultural plants] // Zashchitnoye lesorazvedeniye, melioratsiya zemel', problemy agroekologii i zemledeliya v Rossiyskoy Federatsii: sbornik materialov Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 85-letiyu sozdaniya Vserossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo agrolesomeliorativnogo instituta. Volgograd, 2016. Pp. 426–430. (In Russian.)
5. Kaz'min V. D., Abaturov B. D., Dzhapova R. R., Ayusheva E. Ch., Dzhapova V. V., Nokhaeva D. V., Minoranskiy V. A., Medyanikov I. N. Pokazateli pastbishchnoy ekologii Equus ferus przewalskii (Equidae) v stepyakh doliny zapadnogo Manycha (yugo-vostok Rostovskoy oblasti, Rossiya) [Indexes of pasturable ecology of Equus ferus przewalskii (Equidae) in steppes of the western Manych valley (south-east of the Rostov region, Russia)] // Nature Conservation Research. 2019. T. 4. No. S2. Pp. 72–77. DOI: 10.24189/ncr.2019.022. (In Russian.)

6. Watanabe T., Shirasaka S. Pastoral practices and common use of pastureland: the case of Karakul, north-eastern Tajik Pamirs // *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2018. T. 15. No. 12. 2725. Pp. 1–18 DOI: 10.3390/ijerph15122725.
7. Morales A., Godoy M., Beltrán I, Muller A. Changes in herbage mass and time of herbage allocation modify nutritional and metabolic status of dairy cows // *Chilean journal of agricultural research* 2018. Vol. 78 (3)ю Pp. 409–418. DOI: 10.4067/S0718-58392018000300409.
8. Turko S. Yu., Trubakova K. Yu. Rost i razvitiye rasteniy na pastbishchakh aridnoy zony i vopros ikh ekspluatatsii (na primere iskusstvenno sozdannykh modeley) [Growth and development of plants on pastures in arid zone and question of their exploitation (on the example of artificially created models)] // *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2019. No. 4 (183). Pp. 27–34. DOI: 10.32417/article\_5cf950fe6812b9.37149947. (In Russian.)
9. Turko S. Yu., Vdovenko A. V., Trubakova K. Yu. Imitatsionnyye modeli meliorovannykh pastbishch na razlichnykh pochvakh v usloviyakh sukhoy stepi i polupustyni [Simulation models of irrigated pastures on various soils under the conditions of dry steppe and semi-desert] // *Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya*. 2017. No. 3 (67). Pp. 57–62. (In Russian.)
10. Turko S. Yu., Trubakova K. Yu. Matematicheskoye modelirovaniye v optimizatsii ispol'zovaniya pastbishch [Modeling pasture performance to predict their status in economic activities] // *Vestnik Bashkirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2017. No. 2 (42). Pp. 30–34. (In Russian.)
11. Vlasenko M. V. Vidovoye raznoobraziye i ustoychivost' fitotsenozov peschanykh pastbishch Rostovskoy oblasti [Species diversity and stability of phytocenoses of sandy pastures of Rostov oblast'] // *Agrarian Russia*. 2019. No. 3. Pp. 17–21. DOI: 10.30906/1999-5636-2019-3-17-21. (In Russian.)
12. Gasanov G. N., Salikhov Sh. K., Gadzhiev K. M., Mallaliev M. M., Shaykhalova Zh. O., Gimbatova K. B. Vidovoy sostav i produktivnost' lugovykh fitotsenozov gory mayak (Gunibskoye plato, respublika Dagestan) [Species composition and productivity of meadow plant communities of Mayak mountain (Gunib plateau, Dagestan)] // *Rastitelnye resursy*. 2016. No. 52 (2). Pp. 214–224. (In Russian.)
13. Lapenko N. G., Dudchenko L. V. Vosstanovleniye prirodnoy rastitel'nosti s ispol'zovaniyem resursosberegayushchey tekhnologii sozdaniya travostoyev senokosno-pastbishchnogo ispol'zovaniya v usloviyakh Stavropol'skogo kraya: prakticheskiye rekomendatsii. [Restoring natural vegetation using resource-saving technology for creating grass stands for hay-pasture use in the conditions of the Stavropol Territory: practical recommendations]. Stavropol, 2019. 22 p. (In Russian.)
14. Lapenko N. G., Eroshenko F. V., Storchak I. G. Rastitel'nost' stepnykh fitotsenozov i osobennosti eye vegetatsii v usloviyakh Stavropol'skogo kraya [Vegetation of steppe phytocenoses and features of its vegetation under complicated conditions of the Stavropol kraj] // *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2020. No. 2 (193). Pp. 9–19. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-193-2-9-19.
15. Vlasenko M. V., Kulik A. K., Salugin A.N. Evaluation of the ecological status and loss of productivity of arid pasture ecosystems of the Sarpa lowland // *Arid Ecosystems*. 2019. T. 9. No. 4. Pp. 273-281.
16. Suslov S. A. Zakony rasteniyevodstva i zemledeliya [Laws of plant growing and agriculture] // *Bulletin NGIEI*. 2012. No. 1 (8). Pp. 119–130. (In Russian.)
17. Kulik K. N., Salugin A. N. Modelirovaniye deflyatsii aridnykh pastbishch s pomoshch'yu markovskikh tsepey [Modeling deflation of arid ecosystems with markov chains] // *Ekosistemy: ekologiya i dinamika*. 2017. No. 1 (4). Pp. 5–22. (In Russian.)
18. France J., Thornley J. H. M. Mathematical Models in Agriculture // *The Quarterly Review of Biology*. 1985. Vol. 60. No. 1. Pp. 135–136. DOI: 10.1086/414311.

#### **Authors' information:**

Svetlana Yu. Turko<sup>1</sup>, candidate of agricultural sciences, research scientist, ORCID 0000-0002-2546-4755, AuthorID 185088; +7 961 064-31-17, [turkosvetlana73@mail.ru](mailto:turkosvetlana73@mail.ru)

Karine Yu. Trubakova<sup>1</sup>, junior researcher, ORCID 0000-0002-0528-3367, AuthorID 934885; +7 927 537-59-92, [trubakova.karine@mail.ru](mailto:trubakova.karine@mail.ru)

<sup>1</sup> Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences, Volgograd, Russia

## Применение новых комплексных удобрений и биологических препаратов на посевах кормовой озимой ржи в условиях Псковской области

Т. В. Шайкова<sup>1</sup>, Е. С. Волкова<sup>1</sup>, М. В. Дятлова<sup>1✉</sup>

<sup>1</sup> Федеральный научный центр лубяных культур, Тверь, Россия

✉ E-mail: info.psk@fncl.ru

**Аннотация.** Разработка оптимальной системы питания сельскохозяйственных культур является необходимым фактором получения стабильных урожаев. Дефицит отдельных макро- и микроэлементов в питании растений, приводящий к снижению урожайности, можно восполнить использованием новых комплексных сбалансированных удобрений и биопрепаратов. **Цель работы** заключается в изучении влияния азотных подкормок, новых форм комплексных удобрений на основе активных биологических веществ («Кодамин В-Мо», «К-Гумат-На», «Агрофлорин», «Ауксинолен») и микробиологического препарата (МБП) «Бисолбифит» на урожай и качество зерна кормовой озимой ржи «Новая эра» на дерново-подзолистых почвах в условиях Псковской области. **Новизна** состоит в том, что впервые в агроэкологических условиях Псковской области изучено влияние новых комплексных удобрений, биологических и гуминовых препаратов при возделывании озимой ржи. **Методы.** Исследования проводили в 2019 году на опытном поле лаборатории агротехнологий ФГБНУ ФНЦ ЛК ОП в г. Пскове. Учеты, наблюдения и анализы проводились по общепринятым методикам. **Результаты.** Исследованиями установлено, что наибольшее положительное влияние на урожайность зерна оказало внесение полного минерального удобрения в дозах  $N_{80}P_{40}K_{70}$  при дробном внесении азота: 20 кг действующего вещества (д. в.) – в основное удобрение, 40 кг д. в. – в фазу кушения, 20 кг д. в. – в фазу трубкования. Здесь дополнительно к контролю получено 13,4 ц/га, или 42,2 %. Внесение минеральных удобрений в дозе  $N_{40}P_{40}K_{70}$ , МБП «Бисолбифит» способствовало получению дополнительно 4,0 ц/га зерна, что составило 10,6 %. Некорневая двукратная обработка растений удобрением «Кодамин В-Мо» повышала урожай зерна на 8,6 %. Установлено влияние исследуемых факторов на содержание сырого протеина и нитратного азота в растениях кормовой озимой ржи, массу 1000 семян и структуру урожая. На внесенный 1 кг действующего вещества минеральных удобрений при различных дозах азотных подкормок получено от 3,68 до 6,39 кг зерна.

**Ключевые слова:** кормовая озимая рожь, комплексные удобрения, Кодамин В-Мо, К-Гумат-На, Ауксинолен, Агрофлорин, Бисолбифит, урожайность, качество.

**Для цитирования:** Шайкова Т. В., Волкова Е. С., Дятлова М. В. Применение новых комплексных удобрений и биологических препаратов на посевах кормовой озимой ржи в условиях Псковской области // Аграрный вестник Урала. 2020. № 11 (202). С. 45–52. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-202-11-45-52.

**Дата поступления статьи:** 21.09.2020.

### Постановка проблемы (Introduction)

Озимая рожь – это наиболее приспособленная к условиям Северо-Запада культура. Она обеспечивает устойчивые урожаи зерна в самые неблагоприятные годы. Как и все зерновые культуры, озимая рожь положительно отзывается на внесение удобрений. При возделывании зерновых культур в условиях Нечерноземной зоны большую роль играет азот. Но важной особенностью применения азотных удобрений для получения высоких урожаев зерна является дробное их внесение в основное удобрение и в подкормки [1, с. 285], [2, с. 90], [3, с. 23].

В настоящее время во Всероссийском научно-исследовательском институте растениеводства им. Н. И. Вавилова ведется работа по созданию сортов озимой ржи, формирующих стабильный урожай и зерно с низким содержанием водорастворимых арабиносиланов [4, с. 647], [5, с. 784]. Изучение на данной инновационной озимой ржи приемов и способов внесения новых комплексных удобрений и биопрепаратов обусловило новизну работы.

Главным источником элементов питания для сельскохозяйственных культур являются почва и удобрения. Со-

временные комплексные удобрения, биопрепараты, гуминовые удобрения оказывают положительное влияние на рост и развитие сельскохозяйственных культур, так как содержат в своем составе необходимые макро- и микроэлементы, биологически активные соединения [6, с. 86], [7, с. 59], [8, с. 420], [9, с. 667].

Препарат «Гумат калия/натрия» произведен на основе высокоактивных гуминовых веществ с содержанием азота 3,5 %, фосфора и калия в органической форме – 0,5 % и 2,5 %. Удобрение содержит микроэлементы Mg (0,1 %), B (0,1 %), Co (0,01 %), Cu (0,05 %), Fe (0,12 %), Mn (0,1 %), Mo (0,025 %), Zn (0,12 %) в форме комплексных органоминеральных соединений, высокомолекулярные гуминовые кислоты (7 %) и низкомолекулярные карбоновые кислоты (0,6 %) – глюконовую, лимонную, янтарную, молочную, которые являются хелатирующими агентами, аминокислоты (2,4 %). «Гумат калия/натрия» повышает биологическую активность почвы, увеличивает поглощение питательных веществ корнями, усиливает фотосинтез и дыхание, стимулирует производство фитоалексинов [10].

Препарат «Кодамин В-Мо» – высокообогатненное растительными аминокислотами комплексное удобрение, содержащее 6,4 % азота, 6,5 % бора, 0,22 % молибдена и 12,48 % свободных аминокислот. «Кодамин В-Мо» легко усваивается растениями, повышает их устойчивость к неблагоприятным условиям окружающей среды, ускоряет процесс образования белковых веществ. Стимулирует физиологические функции [11].

Препарат «Агрофлорин» содержит все незаменимые аминокислоты, 10,9 г/л органических кислот (фумаровую, янтарную, щавелево-уксусную, уксусную), витамины группы В, фолиевую и никотиновую кислоты, 26 макро- и микроэлементов. «Агрофлорин» восстанавливает почвенную микрофлору, улучшает структуру почвы, ускоряет микробиологические процессы в почве [12].

«Ауксинолен» содержит фитогормоны (ауксины, гликофосин, гибберелловую кислоту, цитокинины), улучшающие прорастание семян, стимулирующие рост растений и клеточное деление, повышающие устойчивость растений к неблагоприятным условиям среды, а также макро- и микроэлементы, витамины группы В, фолиевую и никотиновую кислоты [13].

Некорневые подкормки жидкими комплексными удобрениями, исследованиям эффективности которых в настоящее время уделяется большое внимание, обеспечивают непосредственно органы и ткани растений необходимыми элементами питания. Это обстоятельство дает возможность избежать потерь питательных веществ в результате отрицательного влияния почвенных факторов, таких как выщелачивание, прочное закрепление в почвенном поглощающем комплексе и перевод в труднодоступные для питания растений соединения [14, с. 50].

Препарат «Бисолбифит» – микробный препарат, созданный во ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии, активным биоагентом которого является штамм бактерий *Bacillus subtilis* Ч-13 и его метаболиты, с титром живых клеток не менее 100 млн КОЕ/г препарата. Препарат обладает хорошей сыпучестью и адгезией и предназначен для биологической модификации минеральных удобрений. Норма расхода модификатора составляет 4–5 кг/т минеральных удобрений. В результате нанесения бактерий на поверхность гранул удобрений образуется «биокапсула», которая одновременно может выполнять сразу несколько функций: удобрительную, защитную и стимулирующую [15], [16, с. 32]. Бациллы за счет колонизации корней и продуцирования фитогормонов улучшают развитие корневых волосков и их поглотительную способность, в результате чего повышается эффективность минерального питания растений.

Изучение приемов и способов внесения комплексных удобрений и биопрепаратов на фоне минеральных удобрений позволит разработать ресурсосберегающую технологию возделывания кормовой озимой ржи на основе их применения, что сегодня является весьма актуальным.

#### Методология и методы исследования (Methods)

Исследования проводились в 2018–2019 гг. на опытном поле лаборатории агротехнологий ФГБНУ ФНЦ ЛК ОП в г. Пскове. Почва опытного участка дерново-подзолистая со следующими агрохимическими показателями:  $pH_{KCl}$  – 5,03, содержание подвижного фосфора – 273,5 мг/кг, содержание обменного калия – 159,0 мг/кг, содержание гумуса – 2,1 %.

Схема опыта:

1. 0 – контроль без удобрений.

2.  $N_{20}P_{40}K_{70}$ .

3.  $N_{40}P_{40}K_{70}$ .

4.  $N_{20}P_{40}K_{70} + N_{20}$  (в фазу кущения) – фон.

5.  $N_{20}P_{40}K_{70} + N_{40}$  (в фазу кущения).

6.  $N_{20}P_{40}K_{70} + N_{40}$  (в фазу кущения) +  $N_{20}$  (в фазу выхода в трубку).

7.  $N_{20}P_{40}K_{70} + N_{20}$  + «Агрофлорин», «Ауксинолен».

8.  $N_{20}P_{40}K_{70} + N_{20}$  + «Кодамин В-Мо».

9.  $N_{20}P_{40}K_{70} + N_{20}$  + «К-Гумат-На».

10.  $N_{20}P_{40}K_{70} +$  «Бисолбифит» +  $N_{20}$ .

Опыт заложен в 4-кратной повторности. Учетная площадь делянки – 30 м<sup>2</sup>. Предшественник – клевер 2-го года.

Агротехнические приемы – общепринятые для региона. Минеральные удобрения внесены под предпосевную культивацию в виде азофоски, аммофоса и калия хлористого в качестве основного удобрения. Подкормки аммиачной селитрой и внекорневая обработка растений комплексными удобрениями и биопрепаратами проведены дважды: в фазу кущения и в фазу выхода в трубку. Норма расхода препаратов: «К-Гумат-На» – 15 мл/100 м<sup>2</sup>; «Кодамин В-Мо» – 2 л/га; «Агрофлорин» и «Ауксинолен» – 15 мл/100 м<sup>2</sup>; «Бисолбифит» – 4 кг/т удобрений, который вносили совместно с минеральными удобрениями перед посевом.

Учет урожая зерна проводили сплошным поделяночным методом с последующим пересчетом на гектар. Выход соломы рассчитывали по учетному снопу.

Анализ почвы и растений (полная полевая влагемкость, влажность,  $pH_{KCl}$  на рН-метре АНИОН 4100, содержание  $P_2O_5$  и  $K_2O$  в почве методом Кирсанова, экспресс-метод определения  $NO_3^-$  в почве и растениях на иономере И-160МИ, определение общего азота в растениях методом К. Гинзбург, Г. Щегловой, Е. Вульфийус, расчет сырого протеина с использованием коэффициента 6,25) выполнены в лаборатории агротехнологий ФГБНУ ФНЦ ЛК ОП г. Пскова в соответствии с ГОСТ 26483-85 «Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение ее рН по методу ЦИНАО», ГОСТ Р 54650-2011 «Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО», ГОСТ 13496.4-93 «Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания нитратов и нитритов», МУ по оценке качества и питательности кормов (Министерство сельского хозяйства РФ; ЦНИИ агрохимического обслуживания сельского хозяйства (ЦИНАО)). Оценку запасов продуктивной влаги провели, основываясь на показаниях влажности почвы в слое 0–20 см, определенной по фазам роста кормовой озимой ржи и плотности почвы [17, с. 60]. Полученные данные обработали статистическим методом по Б. А. Доспехову.

Исследуемая культура: рожь озимая Новая Эра – среднеспелый сорт, высокоурожайный, зернофуражного направления с низким содержанием водорастворимых пентозанов в зерне (0,5–0,8 %), вегетационный период – 329–344 дня, масса 1000 семян – 36 г, устойчив к полеганию, характеризуется повышенной устойчивостью к заболеваниям.

#### Результаты (Results)

Применение различных доз и способов внесения минеральных удобрений, а также новых форм комплексных и микробиологических удобрений оказало определенное влияние на продуктивность озимой ржи. Данные урожайности озимой ржи приведены в таблице 1. Урожайность зерна на контроле составила 31,8 ц/га. Максимальный эффект – 45,2 ц/га – был получен при внесении  $N_{80}P_{40}K_{70}$  с дробным внесением азота ( $N_{20}$  в основное удобрение +  $N_{40}$

в подкормку рано весной в фазу кущения +  $N_{20}$  в фазу выхода в трубку). Прибавка к контролю без удобрений составила 13,4 ц/га, или 42,2 %. Внесение  $N_{60}P_{40}K_{70}$  с дробным внесением азота ( $N_{20}$  в основное удобрение +  $N_{40}$  в подкормку, рано весной в фазу кущения) обеспечило прибавку 11,1 ц/га, или 34,9 % к контролю. Двукратная обработка удобрением «Кодамин В-Мо» способствовала получению дополнительно 3,3 ц/га зерна, или 8,6 % к урожаю фонового варианта ( $N_{20}P_{40}K_{70}$  +  $N_{20}$ ) при НСР<sub>05</sub> 2,7 ц/га. Существенное положительное влияние также оказало внесение МБП «Бисолбифит», прибавка от которого была эквивалентна 20 кг/га д. в. азота и составила 10,3 ц/га, или 32,4 % к контролю без удобрений и 4,0 ц/га к фону.

Окупаемость 1 кг д. в. минеральных удобрений находилась на уровне 1,3–6,4 кг зерна кормовой озимой ржи и зависела от доз азотных подкормок и применяемых препаратов. Наибольшее количество зерна (6,4 кг) получено от внесения 1 кг д. в. минеральных удобрений в дозе  $N_{80}P_{40}K_{70}$ . Исследуемые комплексные удобрения и биопрепараты повышали окупаемость 1 кг д. в. минеральных удобрений до 4,2 кг при обработках удобрением «К-Гумат-Na», до 5,6 кг при обработках удобрением «Кодамин В-Мо» и до 6,1 кг при внесении МБП «Бисолбифит».

Рост и развитие растений в значительной степени зависят от влажности почвы. Для создания 1 г сухого вещества необходимо до 1000 г воды [18, с. 420]. Одной из важнейших почвенно-гидрологических констант является предельно-полевая влагоемкость (ППВ), которая определяет содержание высокопродуктивную влаги. Исследуемую дерново-подзолистую легкосуглинистую почву, имеющую ППВ 41,8 %, можно отнести к почвам с хорошей полевой влагоемкостью. Значения влажности исследуемой почвы представлены в таблице 2.

Расчет запасов продуктивной влаги в пахотном горизонте исследуемой почвы показал, что в фазы кущения и выхода в трубку обеспеченность растений была удовлетворительной и хорошей. В следующие фазы: колошения, цветения, молочной спелости запасы продуктивной влаги были неудовлетворительными. Для растений кормовой озимой ржи решающее значение имели запасы продуктивной влаги в пахотном слое почвы в первые две фазы развития, когда корневая система была еще недостаточно развита.

Таблица 1  
Влияние удобрений и биопрепаратов на урожайность зерна озимой ржи

№	Варианты опыта	Урожайность, ц/га	Прибавки, ц/га		Окупаемость 1 кг д. в. удобрений, кг
			к контролю	к фону	
1	0 – контроль без удобрений	31,8	–	–	
2	$N_{20}P_{40}K_{70}$	33,8	2,0	–	1,3
3	$N_{40}P_{40}K_{70}$	36,1	4,3	–	2,5
4	$N_{20}P_{40}K_{70}$ + $N_{20}$	38,1	6,3	–	3,7
5	$N_{20}P_{40}K_{70}$ + $N_{40}$	42,9	11,1	4,8	5,9
6	$N_{20}P_{40}K_{70}$ + $N_{40}$ + $N_{20}$	45,2	13,4	7,1	6,4
7	$N_{20}P_{40}K_{70}$ + $N_{20}$ + «Агрофлорин»/«Ауксинолен»	37,8	6,0	–0,4	3,5
8	$N_{20}P_{40}K_{70}$ + $N_{20}$ + «Кодамин В-Мо»	41,4	9,6	3,3	5,6
9	$N_{20}P_{40}K_{70}$ + $N_{20}$ + «К-Гумат-Na»	38,9	7,1	0,8	4,2
10	$N_{20}P_{40}K_{70}$ + $N_{20}$ + «Бисолбифит»	42,1	10,3	4,0	6,1
	НСР <sub>05</sub>	2,7			

Table 1  
The influence of fertilizers and biological preparations on winter rye yield

№	Treatment options	Yield, c/ha	The increase, c/ha		Payback of 1 kg of fertilizers, kg
			to control	to basic treatment	
1	0 – control, no treatment	31.8	–	–	
2	$N_{20}P_{40}K_{70}$	33.8	2.0	–	1.3
3	$N_{40}P_{40}K_{70}$	36.1	4.3	–	2.5
4	$N_{20}P_{40}K_{70}$ + $N_{20}$ (basic treatment)	38.1	6.3	–	3.7
5	$N_{20}P_{40}K_{70}$ + $N_{40}$	42.9	11.1	4.8	5.9
6	$N_{20}P_{40}K_{70}$ + $N_{40}$ + $N_{20}$	45.2	13.4	7.1	6.4
7	$N_{20}P_{40}K_{70}$ + $N_{20}$ + “Agroflorin”/“Auksinolen”	37.8	6.0	–0.4	3.5
8	$N_{20}P_{40}K_{70}$ + $N_{20}$ + “Kodamin B-Mo”	41.4	9.6	3.3	5.6
9	$N_{20}P_{40}K_{70}$ + $N_{20}$ + “K-Gumat -Na”	38.9	7.1	0.8	4.2
10	$N_{20}P_{40}K_{70}$ + $N_{20}$ + “Bisolbifit”	42.1	10.3	4.0	6.1
	НСР <sub>05</sub>	2.7			

Таблица 2  
Влажность почвы и запасы продуктивной влаги по фазам вегетации кормовой озимой ржи в слое 0–20 см, % (в среднем по опыту)

Показатели влагообеспеченности	Фазы вегетации кормовой озимой ржи				
	Кущение	Выход в трубку	Колошение	Цветение	Молочная спелость
Влажность почвы, %	19,4	22,0	12,9	5,2	12,9
Запасы продуктивной влаги, мм	34,0	40,6	17,5	0	17,5

Table 2  
Soil moisture and reserves of productive moisture at the vegetation stages of fodder winter rye (in a soil layer of 0–20 cm, %, average data)

Indicators of moisture supply	Vegetation stage				
	Tillering	Shooting	Earing	Flowering	Milky ripeness
Soil moisture, %	19.4	22.0	12.9	5.2	12.9
Reserves of productive moisture, mm	34.0	40.6	17.5	0	17.5

Таблица 3  
Содержание и сбор сырого протеина в кормовой озимой ржи

№	Варианты опыта	Содержание сырого протеина, %		Сбор сырого протеина, ц/га		
		Зерно	Солома	Зерно	Солома	Всего
1	0 – контроль без удобрений	9,5	1,8	2,8	0,8	3,6
2	$N_{20}P_{40}K_{70}$	9,2	2,3	3,0	1,1	4,1
3	$N_{40}P_{40}K_{70}$	9,9	2,3	3,4	1,3	4,7
4	$N_{20}P_{40}K_{70} + N_{20}$	10,2	1,8	3,7	1,1	4,7
5	$N_{20}P_{40}K_{70} + N_{40}$	11,1	2,0	4,2	1,2	5,4
6	$N_{20}P_{40}K_{70} + N_{40} + N_{20}$	10,8	2,9	4,0	1,8	5,8
7	$N_{20}P_{40}K_{70} + N_{20} + \text{«Агрофлорин»/«Ауксинолен»}$	10,2	2,1	3,6	1,2	4,8
8	$N_{20}P_{40}K_{70} + N_{20} + \text{«Кодамин В-Мо»}$	10,5	2,4	4,0	1,6	5,5
9	$N_{20}P_{40}K_{70} + N_{20} + \text{«К-Гумат-На»}$	10,1	2,1	3,6	1,3	4,9
10	$N_{20}P_{40}K_{70} + N_{20} + \text{«Бисолбифит»}$	9,5	1,9	3,6	1,4	4,9
	Среднее по опыту	10,1	2,1	3,6	1,3	4,9

Table 3  
Content and yield of crude protein in fodder winter rye

№	Treatment options	Protein content, %		Protein yield, c/ha		
		Grain	Straw	Grain	Straw	Total
1	0 – control, no treatment	9.5	1.8	2.8	0.8	3.6
2	$N_{20}P_{40}K_{70}$	9.2	2.3	3.0	1.1	4.1
3	$N_{40}P_{40}K_{70}$	9.9	2.3	3.4	1.3	4.7
4	$N_{20}P_{40}K_{70} + N_{20}$ (basic treatment)	10.2	1.8	3.7	1.1	4.7
5	$N_{20}P_{40}K_{70} + N_{40}$	11.1	2.0	4.2	1.2	5.4
6	$N_{20}P_{40}K_{70} + N_{40} + N_{20}$	10.8	2.9	4.0	1.8	5.8
7	$N_{20}P_{40}K_{70} + N_{20} + \text{“Agroflorin”/“Auksinolen”}$	10.2	2.1	3.6	1.2	4.8
8	$N_{20}P_{40}K_{70} + N_{20} + \text{“Kodamin B-Mo”}$	10.5	2.4	4.0	1.6	5.5
9	$N_{20}P_{40}K_{70} + N_{20} + \text{“K-Gumat-Na”}$	10.1	2.1	3.6	1.3	4.9
10	$N_{20}P_{40}K_{70} + N_{20} + \text{“Bisolbifit”}$	9.5	1.9	3.6	1.4	4.9
	Average	10.1	2.1	3.6	1.3	4.9

С опытного участка были отобраны образцы почвы для определения нитрифицирующей способности почвы. Установлено, что величина данного показателя составила 43,2 мг/кг, а потенциальные запасы азота нитратов за вегетационный период с начала весенней вегетации и до уборки были равны 112,3 кг/га.

Качество сельскохозяйственной продукции обусловлено многими факторами: климатическими условиями, особенностями возделываемой культуры, агротехникой. В число этих факторов входит и применение удобрений. При оценке качества растительной продукции, используемой в кормовых целях, определяют один из главных его показателей – сырой протеин. Данные по его содержанию представлены в таблице 3.

## Содержание нитратного азота в растениях кормовой озимой ржи, мг/кг

№	Варианты опыта	Содержание N-NO <sub>3</sub>	
		Зерно	Солома
1	0 – контроль без удобрений	9,6	117,7
2	N <sub>20</sub> P <sub>40</sub> K <sub>70</sub>	8,7	127,2
3	N <sub>40</sub> P <sub>40</sub> K <sub>70</sub>	9,1	225,0
4	N <sub>20</sub> P <sub>40</sub> K <sub>70</sub> + N <sub>20</sub>	9,2	186,4
5	N <sub>20</sub> P <sub>40</sub> K <sub>70</sub> + N <sub>40</sub>	9,4	193,0
6	N <sub>20</sub> P <sub>40</sub> K <sub>70</sub> + N <sub>40</sub> + N <sub>20</sub>	9,6	503,8
7	N <sub>20</sub> P <sub>40</sub> K <sub>70</sub> + N <sub>20</sub> + «Агрофлорин»/«Ауксинолен»	9,0	150,4
8	N <sub>20</sub> P <sub>40</sub> K <sub>70</sub> + N <sub>20</sub> + «Кодамин В-Мо»	9,1	274,6
9	N <sub>20</sub> P <sub>40</sub> K <sub>70</sub> + N <sub>20</sub> + «К-Гумат-На»	9,3	140,0
10	N <sub>20</sub> P <sub>40</sub> K <sub>70</sub> + N <sub>20</sub> + «Бисолбифит»	9,4	134,6
	Среднее по опыту	9,2	205,2

Table 4

## Nitrate nitrogen content in fodder winter rye plants, mg/kg

№	Treatment options	Content of N-NO <sub>3</sub>	
		Grain	Straw
1	0 – control, no treatment	9.6	117.7
2	N <sub>20</sub> P <sub>40</sub> K <sub>70</sub>	8.7	127.2
3	N <sub>40</sub> P <sub>40</sub> K <sub>70</sub>	9.1	225.0
4	N <sub>20</sub> P <sub>40</sub> K <sub>70</sub> + N <sub>20</sub> (basic treatment)	9.2	186.4
5	N <sub>20</sub> P <sub>40</sub> K <sub>70</sub> + N <sub>40</sub>	9.4	193.0
6	N <sub>20</sub> P <sub>40</sub> K <sub>70</sub> + N <sub>40</sub> + N <sub>20</sub>	9.6	503.8
7	N <sub>20</sub> P <sub>40</sub> K <sub>70</sub> + N <sub>20</sub> + “Agroflorin”/“Auksinolen”	9.0	150.4
8	N <sub>20</sub> P <sub>40</sub> K <sub>70</sub> + N <sub>20</sub> + “Kodamin B-Mo”	9.1	274.6
9	N <sub>20</sub> P <sub>40</sub> K <sub>70</sub> + N <sub>20</sub> + “K-Gumat-Na”	9.3	140.0
10	N <sub>20</sub> P <sub>40</sub> K <sub>70</sub> + N <sub>20</sub> + “Bisolbifit”	9.4	134.6
	Average	9.2	205.2

Содержание сырого протеина в зерне кормовой озимой ржи, полученном без внесения удобрений, находилось на уровне 9,5 % от абсолютно сухого вещества (АСВ). Повышение уровня азотного питания способствовало возрастанию данного показателя. Максимальное его содержание в зерне 11,1 % и сбор с гектара 4,2 ц получены при внесении N<sub>60</sub>P<sub>40</sub>K<sub>70</sub>, при внесении 20 кг д. в. азота в основное удобрение и 40 кг д. в. в подкормку рано весной. Изучение влияния препаратов «Кодамин В-Мо», «К-Гумат-На», «Агрофлорин»/«Ауксинолен» и МБП «Бисолбифит» показало, что содержание сырого протеина в зерне повышалось только при внесении «Кодамина В-Мо» – на 0,3 %. Кормовая продуктивность зерна также возрастала на 0,3 ц/га под влиянием обработок «Кодамином В-Мо». Это связано с участием молибдена, входящего в состав удобрения, в реакциях восстановления нитратов до аммиака, который используется растением для синтеза аминокислот и белков [19, с. 175].

Максимальная кормовая продуктивность исследуемой культуры установлена при внесении N<sub>80</sub>P<sub>40</sub>K<sub>70</sub> и составила 5,8 ц/га, что на 2,2 ц/га больше, чем на контроле, и на 1,1 ц/га больше показателя на фоновом варианте. Под влиянием препарата «Кодамин В-Мо» дополнительно получено 0,8 ц/га, «К-Гумат-На» и «Бисолбифит» – по 0,2 ц/га, «Ауксинолен» и «Агрофлорин» – 0,1 ц/га.

В таблице 4 проведено изучение содержания нитратного азота в зерне и соломе кормовой озимой ржи.

В зерне кормовой озимой ржи содержание нитратов находилось на уровне 8,7–9,6 мг/кг. В соломе минимальное содержание нитратов установлено на контрольном варианте – 117,7 мг/кг, максимальное – 503,8 мг/кг при внесении 80 кг д. в. азота.

Показатель массы 1000 семян характеризует их полновесность, выполненность и крупность для определения посевных и товарных характеристик. Величина его зависит от многих факторов. Необходимо отметить, что погодные условия вегетационного периода (отсутствие осадков в фазы цветения – начала молочной спелости) привели к снижению массы 1000 семян. В среднем по опыту величина данного показателя была равна 31,9 г, в то время как в предыдущих исследованиях – 37–38,5 г [20, с. 54].

В результате морфологического анализа растений установлены средние показатели высоты растений – 142,1 см; длины колоса – 10,6 см; продуктивной кустистости – 5,4; массы зерна в колосе – 1,4 г; соотношения соломы к зерну – 1,7.

Растения с наибольшей продуктивной кустистостью (в среднем – 7,4 стебля на растении) и максимальным количеством зерен в колосе (43,7 шт.) получены при внесении N<sub>80</sub>P<sub>40</sub>K<sub>70</sub>. Средняя длина колоса в данном варианте была равна 11,3 см, а масса зерна в колосе – 1,5 г. Применение всех исследуемых удобрений и препаратов способствовало повышению количества зерен и массы зерна в колосе.

**Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)**

Результаты исследований показали, что наибольшее положительное влияние на урожай зерна кормовой озимой ржи оказало внесение полного минерального удобрения в дозах  $N_{80}P_{60}K_{70}$  с дробным внесением азота: 20 кг д. в. в основное удобрение, 40 кг д. в. в первую подкормку при весеннем обновлении вегетации и 20 кг д. в. во вторую подкормку в фазу выхода в трубку. Здесь дополнительно к контролю получено 13,4 ц/га зерна при НСР<sub>05</sub> 2,7 ц/га, или 42,2 %.

Окупаемость 1 кг действующего вещества минеральных удобрений при внесении различных вариантов азотных подкормок находилась в пределах 3,7–6,4 кг зерна кормовой озимой ржи и зависела от доз и количества азотных подкормок и применяемых препаратов.

Существенное влияние на урожай зерна оказало применение МБП «Бисолбифит». На данном варианте дополнительно к фону было получено 4,0 ц/га зерна, или 10,6 %.

Обработки комплексным удобрением «Кодамин В-Мо» повышали урожай зерна в сравнении с фоном на 3,3 ц/га, или на 8,6 %.

Положительное влияние гуминового удобрения «К-Гумат-На» заключалось в получении дополнительно 0,8 ц/га, или 2,1 %, к урожаю фонового варианта.

Значимые прибавки к контролю получены на всех вариантах с удобрениями и биопрепаратами, за исключением варианта с минимальной дозой азота  $N_{20}P_{40}K_{70}$ .

Нитрификационная способность почвы опытного участка составила 43,2 мг/кг, а запасы нитратного азота за вегетационный период с начала весенней вегетации – 112,3 кг/га.

Содержание сырого протеина в зерне озимой ржи находилось в пределах 9,2–11,1 % АСВ. Сбор сырого протеина с гектара составил от 3,6 до 5,8 ц. Максимальное содержание сырого протеина (11,1 % АСВ) и наибольший выход его с гектара (5,8 ц) установлены при внесении  $N_{60}P_{40}K_{70}$  ( $N_{20}P_{40}K_{70}$  – в основное удобрение,  $N_{40}$  – в подкормку в фазу кущения весной).

При изучении новых видов комплексных удобрений и биопрепаратов наибольший эффект получен под воздействием внекорневых обработок удобрением «Кодамин В-Мо», где общий выход сырого протеина составил 5,5 ц/га, что на 17 % больше, чем на фоновом варианте ( $N_{20}P_{40}K_{70}+N_{20}$ ), и на 52,7 % больше, чем на контроле (без удобрений).

Содержание нитратного азота в зерне кормовой озимой ржи соответствовало нормативам качества концентрированных кормов.

Азотные подкормки и биопрепараты оказали положительное влияние на показатели структуры урожая: продуктивную кустистость, длину колоса, массу зерна в колосе и массу 1000 семян.

**Библиографический список**

1. Агрохимия: учебник / В. Г. Минеев, В. Г. Сычев, Г. П. Гамзиков [и др.]; под ред. В. Г. Минеева. М.: Изд-во ВНИИА им. Д. Н. Прянишникова, 2017. 854 с.
2. Власова Т. А., Чекаев Н. П. Система удобрений сельскохозяйственных культур: учебное пособие. Пенза: ПГАУ, 2017. 231 с.
3. Рысев М. Н., Волкова Е. С., Федотова Е. Н., Дятлова М. Н. Закономерности действия удобрений под озимую рожь на дерново-подзолистых почвах // Известия Великолукской ГСХА. 2018. № 4. С. 18–25. DOI: 10.24411/2225-2584-2019-10094.
4. Кобылянский В. Д., Солодухина О. В. Генетические основы селекции сортов универсальной ржи с низким содержанием водорастворимых арабиноксиланов, зерно которых пригодно для зернофуражной и хлебопекарной промышленности // VII Съезд Вавиловского общества генетиков и селекционеров: сборник тезисов Международного конгресса. Санкт-Петербург, 2019. С. 93.
5. Сафонова И. В., Аниськов Н. И., Кобылянский В. Д. База данных генетических ресурсов коллекции озимой ржи ВИР как средство классификации генетического разнообразия, анализа истории коллекции и эффективного изучения и сохранения // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2019. № 23 (6). С. 780–786. DOI: 10.18699/VJ19.552.
6. Завалин А. А., Алферов А. А., Чернова Л. С. Ассоциативная азотфиксация и практика применения биопрепаратов в посевах сельскохозяйственных культур // Агрохимия. 2019. № 8. С. 83–96. DOI: 10.1134/S0002188119080143.
7. Вильдфлуш И. Р., Цыганов А. Р., Мурзова О. В., Цуйко С. Р. Эффективность применения новых форм удобрений и регуляторов роста растений при возделывании озимой пшеницы, голозерного и пленчатого овса // Весці Нацыянальнай Акадэміі Навук Беларусі. Серыя аграрных навук. 2017. № 2. С. 58–67.
8. Степанов А. А., Селимгареева О. А. Эффективность гуминового удобрения «ЭДАГУМ®СМ» как стимулятора роста и мелиоранта в полевых и вегетационных опытах с пшеницей // Актуальные проблемы почвоведения, экологии и земледелия: сборник докладов Международной науч.-практ. конф. Курского отд. МОО «Общество почвоведов им. В. В. Докучаева». Курск, 2018. С. 419–424.
9. Рабинович Г. Ю., Ковалев Н. Г., Смирнова Ю. Д. Применение новых биоудобрений и биопрепаратов при возделывании яровой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) и картофеля (*Solanum tuberosum* L.) // Сельскохозяйственная биология. 2015. Т. 50. № 5. С. 665–672. DOI: 10.15389/agrobiol.2015.5.665rus.
10. НПО «СИЛА ЖИЗНИ»: К-Гумат-На (гумат калия/натрия) с микроэлементами [Электронный ресурс]. URL: [http://www.silazhizni.ru/katalog/bioaktivatory\\_guminovye\\_kisloty\\_gumaty\\_antistressanty\\_dlya\\_selskogo\\_hozyajstva/gumat\\_kaliya\\_natriya\\_s\\_mikroelementami1/#content](http://www.silazhizni.ru/katalog/bioaktivatory_guminovye_kisloty_gumaty_antistressanty_dlya_selskogo_hozyajstva/gumat_kaliya_natriya_s_mikroelementami1/#content) (дата обращения: 21.08.2020).
11. СевЗапАгро: Кодамин В-МО [Электронный ресурс]. URL: <https://sevzapagro.ru/ishop/product/408> (дата обращения: 21.08.2020).
12. Инновационный биопрепарат для восстановления и защиты почвы [Электронный ресурс]. URL: <http://posad.bio/upload/%D0%90%D1%83%D0%BA%D1%81%D0%B8%D0%BD%D0%BE%D0%BB%D0%B5%D0%BD.pdf> (дата обращения: 21.08.2020).
13. Инновационный биопрепарат для стимуляции иммунитета и роста растений, комплексной защиты от фитопатогенов и корневой гнили [Электронный ресурс]. URL: <http://posad.bio/upload/%D0%90%D0%B3%D1%80%D0%BE%D1%84%D0%BB%D0%BE%D1%80%D0%B8%D0%BD.pdf> (дата обращения: 21.08.2020).
14. Осипов А. И., Шкрабак Е. С. Роль некорневого питания в повышении продуктивности сельскохозяйственных культур // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2019. № 54. С. 44–52. DOI: 10.24411/2078-1318-2019-11044.

15. БисолбиФит [Электронный ресурс]. URL: <http://bisolbiplus.ru/produkty/bisolbifit.html> (дата обращения: 21.08.2020).
16. Завалин А. А., Чернова Л. С., Гаврилова А. Ю., Чеботарь В. К. Влияние минеральных удобрений, биомодифицированных микробным препаратом Бисолбифит, на урожай ярового ячменя // *Агрохимия*. 2015. № 4. С. 21–33.
17. Мамонтов В. Г. Методы почвенных исследований: учебник. Санкт-Петербург: Лань, 2016. 260 с.
18. Мамонтов В. Г., Панов Н. П., Игнатъев Н. Н. Общее почвоведение: учебник. М.: КНОРУС, 2017. 538 с.
19. Корягин Ю. В., Корягина Н. В. Физиология и биохимия растений: учебное пособие. Пенза: ПГАУ, 2017. 265 с.
20. Рысев М. Н., Дятлова М. В., Волкова Е. С., Степанова И. А. Изучение азотных подкормок при возделывании зернофуражной озимой ржи в условиях Псковской области // *Владимирский земледелец*. 2019. № 4 (90). С. 50–55. DOI: 10.24411/2225-2584-2019-10094.

#### Об авторах:

Татьяна Васильевна Шайкова<sup>1</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории агротехнологий, ORCID 0000-0001-7309-5328, AuthorID 758335; +7 (8112) 67-31-19

Елена Сергеевна Волкова<sup>1</sup>, старший научный сотрудник лаборатории агротехнологий, ORCID 0000-0002-1762-0957, AuthorID 993960; +7 (8112) 67-31-19

Марина Владимировна Дятлова<sup>1</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории агротехнологий, ORCID 0000-0003-4651-1263, AuthorID 1079013; +7 (8112) 67-31-19, [info.psk@fncl.ru](mailto:info.psk@fncl.ru)

<sup>1</sup> Федеральный научный центр лубяных культур, Тверь, Россия

## Application new complex fertilizers and biological preparations on the sowing of the fodder winter rye in the Pskov region's conditions

T. V. Shaykova<sup>1</sup>, E. S. Volkova<sup>1</sup>, M. V. Dyatlova<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Federal Research Center for Bast Fiber Crops, Tver, Russia

\*E-mail: [info.psk@fncl.ru](mailto:info.psk@fncl.ru)

**Abstract.** The development of optimal nutritional system for agricultural crops is one of the main factors for the getting of stable yields. The deficiency of some macro- and microelements in plant nutrition, leading to yield decreasing, can be compensated with new complex of balanced fertilizers and biological products. **The aim** of the work is to study the effect of nitrogen fertilization, new forms of complex fertilizers based on active biological substances (“Kodamin B-Mo”, “K-Gumat-Na”, “Agroflorin” “Auksinolen”) and the microbiological preparation (MBP) “Bisolbifit” on the yield and quality of grain of fodder winter rye “Novaya Era” on sod-podzolic soils in the Pskov region. **The originality** is that for the agro-ecological conditions of the Pskov region, the influence of new complex fertilizers, biological and humic preparations in the cultivation of winter rye has been studied. **Methods.** The research was carried out in 2019 on the experimental field of the laboratory of agricultural technologies of the Federal research center for Bast Crops (Pskov Department). The records, observations and analyzes were carried out according to generally accepted methods. **Results.** The maximal positive effect on grain yield was made with the introduction of complete mineral fertilizer in doses of  $N_{80}P_{40}K_{70}$  with fractional nitrogen application: 20 kg of active substance – in the main fertilizer, 40 kg – in the tillering phase and 20 kg – in the booting phase. Up to 1,3 t/ha or 42.2 % to the control level were obtained in that variation. Application of mineral fertilizers in a dose of  $N_{40}P_{40}K_{70}$  and MBP “Bisolbifit” increased on 0,4 t/ha of grain, which amounted 10.6 %. Foliar double treatment of plants with fertilizer “Kodamin B-Mo” increased grain yield up to 8.6 %. The influence of the investigated factors on the protein content and nitrate nitrogen in plants of fodder winter rye, the weight of 1000 seeds and the structure of the yield was established. For 1 kg of active substance of mineral fertilizers at various doses of nitrogen fertilizing the additional yield of grain from 3.68 to 6.39 kg was obtained.

**Keywords:** fodder winter rye, new complex fertilizers, Kodamin B-Mo, K-Gumat-Na, Bisolbifit, yield, quality.

**For citation:** Shaykova T. V., Volkova E. S., Dyatlova M. V. Primenenie novykh kompleksnykh udobreniy i biologicheskikh preparatov na posevakh kormovoy ozimoy rzhii v usloviyakh Pskovskoy oblasti [Application new complex fertilizers and biological preparations on the sowing of the fodder winter rye in the Pskov region's conditions] // *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2020. No. 11 (202). Pp. 45–52. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-202-11-45-52. (In Russian.)

**Paper submitted:** 21.09.2020.

#### References

1. *Agrokhimiya: uchebnik [Agrochemistry: textbook]* / V. G. Mineev, V. G. Sychev, G. P. Gamzikov, et al. ; under the editorship of V. G. Mineev. Moscow: Izd-vo VNIIA im. D. N. Pryanishnikova, 2017. 854 p. (In Russian.)
2. Vlasova T. A., Chekaev N. P. *Sistema udobreniy sel'skokhozyaystvennykh kul'tur: uchebnoe posobie [Crop fertilization system: a tutorial]*. Penza: PGAU, 2017. 231 p. (In Russian.)
3. Rysev M. N., Volkova E. S., Fedotova E. N., Dyatlova M. N. *Zakonomernosti deystviya udobreniy pod ozimuyu rozh' na dernovo-podzolistykh pochvakh [Regularities of the action of fertilizers under winter rye on sod-podzolic soils]* // *Izvestiya Velikolukskoy GSKhA*. 2018. No. 4. Pp. 18–25. DOI: 10.24411/2225-2584-2019-10094. (In Russian.)

4. Kobylyanskiy V. D., Solodukhina O. V. Geneticheskie osnovy selektsii sortov universal'noy rzhi s nizkim soderzhaniey vodorastvorimyykh arabinoksilanov, zerno kotorykh prigodno dlya zernofurazhnoy i khlebopekarnoy promyshlennosti [Genetic basis for selection of universal rye varieties with a low content of water-soluble arabinosylans, the grain of which is suitable for the grain-feed and bakery industry] // VII S"ezd Vavilovskogo obshchestva genetikov i selektsionerov: sbornik tezisov Mezhdunarodnogo kongressa. Sankt-Peterburg, 2019. P. 93. (In Russian.)
5. Safonova I. V., Anis'kov N. I., Kobylyanskiy V. D. Baza dannykh geneticheskikh resursov kollektzii ozimoy rzhi VIR kak sredstvo klassifikatsii geneticheskogo raznoobraziya, analiza istorii kollektzii i effektivnogo izucheniya i sokhraneniya [The VIR winter rye collection genetic resources database as a tool for classifying genetic diversity, analyzing the history of the collection, and effectively studying and preserving] // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2019. No. 23 (6). Pp. 780–786. DOI: 10.18699/VJ19.552. (In Russian.)
6. Zavalin A. A., Alferov A. A., Chernova L. S. Assotsiativnaya azotfiksatsiya i praktika primeneniya biopreparatov v posvakh sel'skokhozyaystvennykh kul'tur [Associative nitrogen fixation and the practice of using biological products in crops] // Agrokimiya. 2019. No. 8. Pp. 83–96. DOI: 10.1134/S0002188119080143. (In Russian.)
7. Vil'dflush I. R., Tsyganov A. R., Murzova O. V., Tsuyko S. R. Effektivnost' primeneniya novykh form udobreniy i regulatorov rosta rasteniy pri vozdeleyvanii ozimoy pshenitsy, golozernogo i plenchatogo ovsa [The effectiveness of the use of new forms of fertilizers and plant growth regulators in the cultivation of winter wheat, naked and hulled oats] // Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian sciences series. 2017. No. 2. Pp. 58–67. (In Russian.)
8. Stepanov A. A., Selimgareeva O. A. Effektivnost' guminovogo udobreniya "EDAGUM®SM" kak stimulyatora rosta i melioranta v polevykh i vegetatsionnykh opytakh s pshenitsey [Efficiency of humic fertilizer "EDAGUM®SM" as a growth stimulator and ameliorant in field and vegetation experiments with wheat] // Aktual'nye problemy pochvovedeniya, ekologii i zemledeliya: sbornik dokladov Mezhdunarodnoy nauch.-prakt. konf. Kurskogo otd. MOO "Obshchestvo pochvovedov im. V. V. Dokuchaeva". Kursk, 2018. Pp. 419–424. (In Russian.)
9. Rabinovich G. Yu., Kovalev N. G., Smirnova Yu. D. Primenenie novykh bioudobreniy i biopreparatov pri vozdeleyvanii yarovoy pshenitsy (*Triticum aestivum* L.) i kartofelya (*Solanum tuberosum* L.) [The use of new biofertilizers and biological products in the cultivation of spring wheat (*Triticum aestivum* L.) and potatoes (*Solanum tuberosum* L.)] // Sel'skokhozyaystvennaya biologiya. 2015. Vol. 50. No. 5. Pp. 665–672. DOI: 10.15389/agrobiol.2015.5.665rus. (In Russian.)
10. NPO "SILA ZhIZNI": K-Gumat-Na (gumat kaliya/natriya) s mikroelementami [Research and production association "POWER OF LIFE": K-Humate-Na (potassium/sodium humate) with trace elements] [e-resource]. URL: [http://www.silazhizni.ru/katalog/bioaktivatory\\_guminovye\\_kisloty\\_gumaty\\_antistressanty\\_dlya\\_selskogo\\_hozyajstva/gumat\\_kaliya\\_natriya\\_s\\_mikroelementami1/#content](http://www.silazhizni.ru/katalog/bioaktivatory_guminovye_kisloty_gumaty_antistressanty_dlya_selskogo_hozyajstva/gumat_kaliya_natriya_s_mikroelementami1/#content) (appeal date: 21.08.2020). (In Russian.)
11. SevZapAgro: Kodamin B-MO [SevZapAgro: Kodamin B-MO] [e-resource]. URL: <https://sevzapagro.ru/ishop/product/408> (appeal date: 21.08.2020). (In Russian.)
12. Innovatsionnyy biopreparat dlya vosstanovleniya i zashchity pochvy [An innovative biological product for soil restoration and protection] [e-resource]. URL: <http://posad.bio/upload/%D0%90%D1%83%D0%BA%D1%81%D0%B8%D0%BD%D0%BE%D0%BB%D0%B5%D0%BD.pdf> (appeal date: 21.08.2020). (In Russian.)
13. Innovatsionnyy biopreparat dlya stimulyatsii immuniteta i rosta rasteniy, kompleksnoy zashchity ot fitopatogenov i kornevoy gnili [An innovative biological product for stimulating immunity and plant growth, complex protection against phytopathogens and root rot] [e-resource]. URL: <http://posad.bio/upload/%D0%90%D0%B3%D1%80%D0%BE%D1%84%D0%BB%D0%BE%D1%80%D0%B8%D0%BD.pdf> (appeal date: 21.08.2020). (In Russian.)
14. Osipov A. I., Shkrabak E. S. Rol' nekorneevogo pitaniya v povyshenii produktivnosti sel'skokhozyaystvennykh kul'tur // Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2019. No. 54. Pp. 44–52. DOI: 10.24411/2078-1318-2019-11044. (In Russian.)
15. BisolbiFit [BisolbiFit] [e-resource]. URL: <http://bisolbiplus.ru/produkty/bisolbifit.html> (appeal date: 21.08.2020). (In Russian.)
16. Zavalin A. A., Chernova L. S., Gavrilova A. Yu., Chebotar' V. K. Vliyanie mineral'nykh udobreniy, biomodifitsirovannykh mikrobnym preparatom Bisolbifit, na urozhay yarovogo yachmenya [Influence of mineral fertilizers biomodified by the microbial preparation Bisolbifit on the yield of spring barley] // Agrokimiya. 2015. No. 4. Pp. 21–33. (In Russian.)
17. Mamontov V. G. Metody pochvennykh issledovaniy: uchebnyk [Soil research methods: textbook]. Sankt-Peterburg: Lan', 2016. 260 p. (In Russian.)
18. Mamontov V. G., Panov N. P., Ignat'ev N. N. Obshchee pochvovedenie: uchebnyk [General soil science: textbook]. Moscow: KNORUS, 2017. 538 p. (In Russian.)
19. Koryagin Yu. V., Koryagina N. V. Fiziologiya i biokhimiya rasteniy: uchebnoe posobie [Plant physiology and biochemistry: a textbook]. Penza: PGAU, 2017. 265 p. (In Russian.)
20. Rysev M. N., Dyatlova M. V., Volkova E. S., Stepanova I. A. Izuchenie azotnykh podkormok pri vozdeleyvanii zernofurazhnoy ozimoy rzhi v usloviyakh Pskovskoy oblasti [The study of nitrogen fertilizing during the cultivation of grain-fodder winter rye in the conditions of the Pskov region] // Vladimir agriculturalist. 2019. No. 4 (90). Pp. 50–55. DOI: 10.24411/2225-2584-2019-10094. (In Russian.)

#### Authors' information:

Tatyana V. Shaykova<sup>1</sup>, candidate of agricultural sciences, leading researcher of the laboratory of agricultural technologies, ORCID 0000-0001-7309-5328, AuthorID 758335, +7 (8112) 67-31-19

Elena S. Volkova<sup>1</sup>, senior researcher of the laboratory of agricultural technologies ORCID 0000-0002-1762-0957, AuthorID 993960, +7 (8112) 67-31-19

Marina V. Dyatlova<sup>1</sup>, candidate of agricultural sciences, leading researcher of the laboratory of agricultural technologies, ORCID 0000-0003-4651-1263, AuthorID 1079013, +7 (8112) 67-31-19, [info.psk@fncl.ru](mailto:info.psk@fncl.ru)

<sup>1</sup> Federal State Budget Research Institution – Federal Research Center for Bast Fiber Crops, Tver, Russia

## Possibilities of using functional biologically active organosilicon compounds in veterinary practice

A. S. Barkova<sup>✉</sup>, E. I. Shurmanova<sup>1</sup>, T. G. Khonina<sup>1,2</sup>, I. M. Millstein<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia

<sup>2</sup>Postovsky Institute of Organic Synthesis of Ural Branch of the Russian Academy of Science, Ekaterinburg, Russia

✉ E-mail: barkova.as@mail.ru

**Abstract. Purpose.** Evaluation of the possibility of using silicon, silicon-zinc, silicon-zinc organoboron compounds and compositions based on them for the treatment and prevention of inflammatory and non-inflammatory diseases in agricultural and small domestic animals. **Method.** There was carried out a clinical trial of various medicinal compositions with a base in the form of organic compounds of silicon, zinc, boron, both containing antimicrobial components and environmentally friendly agents. For this purpose, groups of animals were formed on the principle of analogs. The multiplicity and administration of drugs depended on the studied pathology. **Results.** The obtained results showed a high efficiency of the studied compositions, in particular, in the treatment of postpartum diseases of the uterus of an inflammatory nature, the effectiveness of the application was 95.5 %, with conservative treatment of the retention of the placenta – 100 %. Also, these funds are highly effective for the treatment of hyperkeratosis of the udder nipples, without changing the technology of milking. On average, the effectiveness of the compositions reached 86.1 % when the funds were used for 7 days. The study of an antimicrobial composition based on organosilicon glycerohydrogel in the treatment of purulent-necrotic lesions in the distal part of the extremities in cows can reduce the frequency of procedures and the duration of treatment by 6 days compared to animals in the control group. **Scientific novelty.** New functional biologically active pharmacological agents based on silicon-, silicon-zinc-, silicon-zinc boron glycerohydrogels have been developed and clinically tested for the treatment of cows with postpartum uterine diseases, in particular, postpartum endometritis and retention of the placenta, hyperkeratosis of the udder nipples, purulent-necrotic diseases of the distal also necrotic skin lesions of small domestic animals.

**Keywords:** organosilicon compounds, cows, postpartum endometritis, hyperkeratosis, distal extremities, necrotic lesions.

**For citation:** Barkova A. S., Shurmanova E. I., Khonina T. G., Milstein I. M. Possibilities of using functional biologically active organosilicon compounds in veterinary practice // Agrarian Bulletin of the Urals. 2020. No. 11 (202). Pp. 53–58. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-202-11-53-58. (In Russian.)

**Paper submitted:** 12.09.2020.

### Introduction

Diseases of the reproductive system organs, mammary gland, and extremities cause significant economic damage to the dairy farming industry and significantly reduce the profitability of the dairy farming industry [1, p. 59], [4, p. 35], [8, p. 38]. An analysis carried out by a number of researchers showed a high degree of spread of both diseases of the breast and the reproductive system [2, p. 201], [5, p. 64], [12, p. 37], [13, p. 119]. At the same time, the use of antimicrobial drugs for the treatment and prevention of these diseases is associated with the forced rejection of milk for the period of treatment of animals. An analysis carried out by a number of researchers showed a high degree of spread of both diseases of the breast and the reproductive system [2, p. 201], [5, p. 64], [12, p. 37], [13, p. 119]. At the same time, the use of antimicrobial drugs for the treatment and prevention of these diseases is associated with the forced rejection of milk for the period of treatment of animals. In this regard, the development of modern and environmentally friendly therapeutic and prophylactic agents is an urgent task for specialists in various fields of activity [6, p. 85; 7, p. 25, 16, p. 1877]. In particular, one of the modern areas of

chemical and pharmacological science is the development of agents based on organosilicon compounds.

Until 2013 Department of Surgery, Obstetrics and Microbiology under the leadership of Professor Anna F. Kolchina with the Institute of Organic Synthesis named after I. Ya. Postovsky, in particular, Doctor of Chemistry Tatyana G. Khonina has been studying the effectiveness and possible applications of biologically active organosilicon compounds in veterinary practice for more than 10 years [3, p. 18], [10, p. 62], [15, p. 1881].

Due to the fact that the basis can have a significant effect on the effectiveness of a drug, the development of its optimal composition remains an urgent issue. In particular, a modern and promising direction of research is the synthesis of organic compounds based on essential trace elements, in particular silicon, zinc and boron. Institute of Organic Synthesis named after I. Ya. Postovsky of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences for a number of years has been engaged in the synthesis of organosilicon compounds, in particular, the employees of the institute have patented silicon glycerolates with transcutaneous conductivity of drugs, as well as hy-

drogels based on them: silicon-containing glycerohydrogel Si (C<sub>3</sub>H<sub>7</sub>O<sub>3</sub>)<sub>4</sub> · 6C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>O<sub>3</sub> · 24H<sub>2</sub>O (Patent RF 2255939, 2005), substance: (2,3-dioxypopyl)-ortho-silicate glycerohydrogel: preparation "Silativit", water-soluble dimethylglycerolates of silicon (CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>Si (C<sub>3</sub>H<sub>7</sub>O<sub>3</sub>)<sub>2</sub> · xC<sub>3</sub>H<sub>8</sub>O<sub>3</sub>, x = 0.25–1.0 (Patent RF 2382046, 2010), silicon-zinc-containing glycerohydrogel 2Si (C<sub>3</sub>H<sub>7</sub>O<sub>3</sub>)<sub>4</sub> · ZnC<sub>3</sub>H<sub>6</sub>O<sub>3</sub> · 14C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>O<sub>3</sub> · 80H<sub>2</sub>O (RF Patent 2520969, 2014), silicon-containing glycerohydrogel Si (C<sub>3</sub>H<sub>7</sub>O<sub>3</sub>)<sub>4</sub> · HB (C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>O<sub>3</sub>)<sub>2</sub> · 8C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>O<sub>3</sub> · 28H<sub>2</sub>O (Patent RF 2601312, 2016), silicon-zinc-boron-containing glycerohydrogel 3Si(C<sub>3</sub>H<sub>7</sub>O<sub>3</sub>)<sub>4</sub> · ZnC<sub>3</sub>H<sub>6</sub>O<sub>3</sub> · 2HB(C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>O<sub>3</sub>)<sub>2</sub> · 8C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>O<sub>3</sub> · 28H<sub>2</sub>O (RF Pat. 2601312, 2016), silicon-zinc boron-containing glycerohydrogel 3Si (C<sub>3</sub>H<sub>7</sub>O<sub>3</sub>)<sub>4</sub> · ZnC<sub>3</sub>H<sub>6</sub>O<sub>3</sub> · 2HB (C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>O<sub>3</sub>)<sub>2</sub> · 15C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>O<sub>3</sub> · 70H<sub>2</sub>O (Pat. 2623153 RF, 2017)

These compounds are economical and easy to obtain, non-toxic, do not accumulate, do not cause local and systemic allergic reactions, have a beneficial effect on the processes of tissue repair and regeneration, have a pronounced transcutaneous conductivity, anti-edema effect, and increase tissue oxygenation. An important property of these bases is their structural compatibility with the lipid component of cell membranes, as well as compatibility with most drugs [9, p. 1627], [11, p. 562], [14, p. 225].

In this regard, a number of pharmacological compositions with different bases were developed and their clinical testing was carried out in agricultural enterprises of the Sverdlovsk region for the prevention and treatment of inflammatory diseases of the organs of the reproductive system of cows, as well as the mammary gland and purulent-necrotic lesions in the distal part of the extremities, as well as of necrotic skin lesions in small pets at the animal rehabilitation center of the Ural State Agrarian University.

### Methods

The study of the effectiveness of pharmacological compositions for the treatment and prevention of postpartum endometritis, hyperkeratosis of the udder nipples was carried out on the basis of a number of agricultural enterprises in the Sverdlovsk region with the formation of groups of animals according to the principle of analogues.

For the treatment and prevention of diseases of the udder nipples, the investigational agents were applied to the udder nipples immediately after milking, 2 times a day for an aver-

age of 7 days. When evaluating the results, was assessed the condition of the skin of the nipples of the mammary gland, taking into account the severity and outer diameter of circular caluses in the area of the opening of the nipple canal, ultrasonic criteria for the presence of pathological tissues in the lumen of the nipple canal, as well as the presence of subclinical mastitis in the quarters of the udder.

In the treatment of purulent-necrotic lesions in the distal extremities and skin, the investigational agents were applied to the affected areas 1 time in 3 days until the completion of the primary repair processes. In the treatment of necrotic skin lesions in small pets, the investigational agents were applied in a thin layer directly to the area of damage from 6 to 8 days, once every 24 hours.

### Results

The staff of the department have been engaged in the development and testing of drugs for the treatment of acute postpartum endometritis for a number of years. Due to the high incidence of inflammatory diseases of the uterus in the postpartum period, a liquid antimicrobial composition based on a water-soluble organosilicon derivative of glycerin was included in the complex treatment regimen for postpartum endometritis, including: pefloxacin – 1.00 wt %; metronidazole – 1.00 wt %; chlorhexidine bigluconate – 0.05 wt %; silicon dimethylglycerolates Me<sub>2</sub>Si (C<sub>3</sub>H<sub>7</sub>O<sub>3</sub>)<sub>2</sub> · C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>O<sub>3</sub> – the rest.

The composition was administered to animals intrauterinely with an interval of 48 hours, in a volume of 100 ml, previously diluted in a ratio of 1: 2 with sterile water, the frequency of administration was from 3 to 5 times. To cows of the control group, intrauterine administration of the drug genobiotic, foaming tablets, was used as antimicrobial therapy, according to the instructions. The assessment of the condition of the genitals was carried out on 7th, 14th, 21st days after calving using a gynecological examination.

The obtained results showed that the treatment period for animals in the experimental group was about 12 days with an efficiency of 95.5 %, and in the control group – about 18 days, with an efficiency of 86.4 %. (fig. 1) At the same time, the animals of the experimental group showed a reduction in the recovery time of the sexual cycle and the service period in the cows of the experimental group, and they also showed an increase in fertilization from the first insemination.

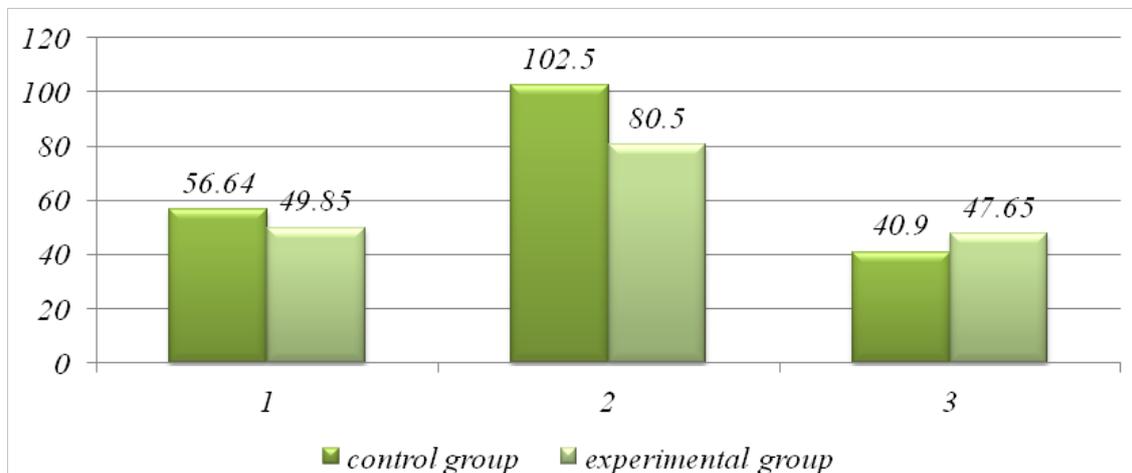


Fig. 1. Indicators of the reproductive function of cows:

1 – restoration of cyclicity, days, 2 – the period from birth to fertilization, days, 3 – fertilization from the 1st insemination, %

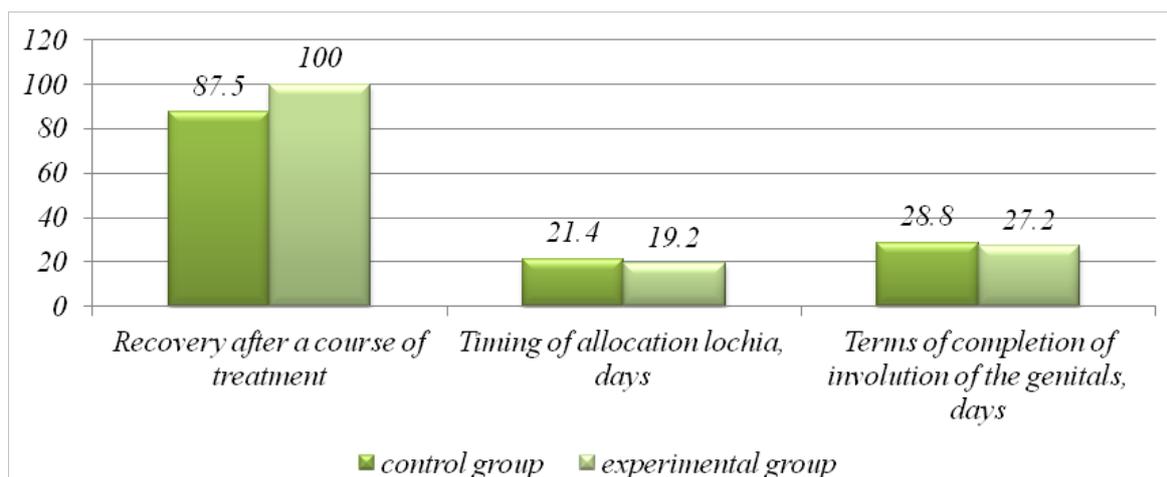


Fig. 2. The effectiveness of treatment of cows using a composition containing CO<sub>2</sub>-extract of calendula and silicon glycerolates

However, this composition contains antibiotics, which may somewhat limit its use. In this regard, a composition is proposed based on silicon glycerolates, including 0.5 % – supercritical CO<sub>2</sub> extract of calendula: CO<sub>2</sub> extract of calendula – 0.50 wt %; silicon dimethylglycerolates Me<sub>2</sub>Si (C<sub>3</sub>H<sub>7</sub>O<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>O<sub>3</sub> – the rest. The supercritical CO<sub>2</sub> extract of calendula added to the composition of the product has an anti-inflammatory effect and improves the processes of epithelial regeneration. Evaluation of the effectiveness of the composition was carried out on a group of animals with the retention of the placenta and using a conservative method of treating this pathology.

After the end of treatment, the cows of the experimental group showed complete recovery in 100 % of cases, while two animals from the control group needed an additional treatment course, that is, its effectiveness was 87.5 % (fig. 2). In addition, the cows of the experimental group, relative to the control, recorded a positive tendency to accelerate the recovery of the uterus in the postpartum period, in particular, the period from birth to fertilization in the experimental group was 92.69 ± 2.80 days, which is 11.93 days less than control.

Thus, on the basis of the carried out studies, it can be concluded that the use of liquid medicinal compositions based on a water-soluble organosilicon glycerin derivative as part of complex treatment regimens for cows with postpartum endometritis and retention of the placenta is effective and requires further research.

The second line of research on the effectiveness of the developed compositions is the treatment and prevention of udder diseases in cows during lactation. In this regard, a number of compositions have been developed in the form of various dosage forms, in particular gels and liquid forms.

The composition based on silicon glycerolates, containing 0.5 % supercritical CO<sub>2</sub> extract of calendula, was tested for the treatment of subclinical mastitis in lactating cows. The agent was administered intercosternally, 10 ml, once a day for 4 days. As a result, 50 % of the cows showed recovery, confirmed by a negative reaction with a rapid mastitis test and a sedimentation test.

One of the problems of the dairy farming industry is udder teat hyperkeratosis, which is widespread in agricultural enterprises with a high level of dairy productivity. At the same time, hyperkeratosis is a predisposing cause of mastitis in cows, as

well as premature culling of animals, since the tissues of the nipple canal are destroyed, which leads to a violation of its barrier function.

In this regard, for a number of years, we have conducted researches on various medicinal compositions for the treatment and prevention of diseases of the udder nipples.

Compositions based on “Silativit”, organosilicon glycerohydrogel, containing antimicrobial drugs (pefloxacin, metronidazole, chlorhexidine), 0.5 % supercritical CO<sub>2</sub> extract of calendula, 1 % “Vetoron”, 4.2 % zinc monoglycerolates, as well as agents such as organosiliconzinc and organosiliconzincboron glycerohydrogels.

One of the advantages of the developed functional biologically active compositions based on glycerohydrogels of silicon, zinc and boron is the possibility of their use without changing the mode of machine milking of cows, while ensuring recovery of up to 86.1 % of affected udder quarters. These pharmacological agents have a pronounced prolonged action, which allows them to be harmoniously included in the milking process. The average duration of using the products is about 7 days, when applied 2 times a day, immediately after milking. The prolonged action lasts for 3–4 weeks after the end of their application without changing the milking regime of cows.

In particular, when using organosilicon-zinc glycerohydrogel before the start of treatment, nipples with a physiological reaction were not observed, 14 days after the end of application of the product, their number was 58.4 %. At the same time, the number of quarters with a complicated form of hyperkeratosis decreased 5.1 times (fig. 3).

Ultrasound studies of the condition of the nipple canal with the determination of hyperechoic deposits of keratin in its lumen showed a significant decrease in the volume of the affected tissues in the lumen of the nipple canal. The above sonograms show a decrease in the echogenicity of the nipple canal tissues, which before treatment are represented by hyperechoic overlays on the mucous membrane and a funnel-shaped expansion in the projection of the nipple canal opening. 2 weeks after the end of the application of the agent, the damaged tissues are completely restored, the stratum corneum of the epithelium is rejected, which is confirmed by the absence of hyperechoic formations in the area of the external opening of the nipple canal during ultrasound examination.

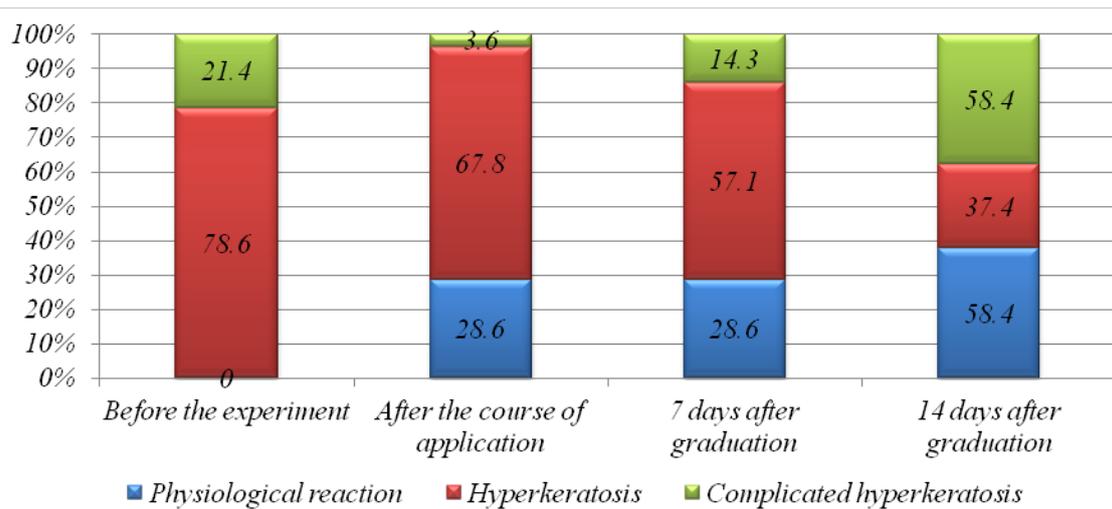


Fig. 3. Condition of udder teats when using Se-Zn-organic glycerohydrogel

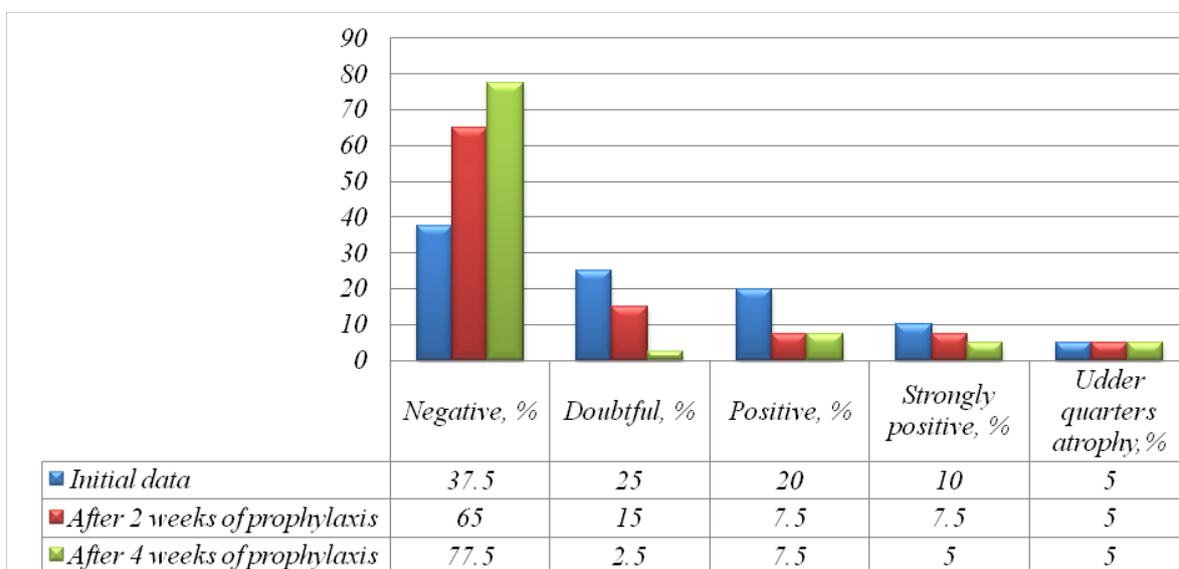


Fig. 4. The spread of latent mastitis when using the developed prophylactic agent

In connection with the revealed clinical efficacy of the investigated agents, a liquid pharmaceutical composition based on silicon dimethylglycerolates was proposed with the following composition: silicon dimethylglycerolate – 5 %; silicon glycerolate – 1 %; boron glycerolate – 1 %; zinc glycerolate – 1 %; glycerin – 16.65 %; xanthan gum 0.35 %; water – the rest is up to 100 %.

This agent was applied daily after each milking to the teats of the udders of cows for 4 weeks using an udder cup. The results showed that the level of complicated hyperkeratosis decreased 2 times, uncomplicated hyperkeratosis – 2.5 times relative to the initial data, while the number of udder quarters with a negative reaction with a rapid mastitis test increased 2 times, which showed its high preventive effectiveness (fig. 4).

Also, the approbation of the developed means was carried out in the treatment of purulent-necrotic lesions of the hooves in cows. Antimicrobial composition based on “Silativit” of the following composition: pefloxacin – 1.00 wt %; metronidazole – 1.00 wt %; chlorhexidine bigluconate – 0.05 wt %; “Silativit” – the rest, was applied directly to the affected area, injected into the cavities of the defects once every 3 days, followed by fixation with a cotton-gauze bandage. The use

of drugs was stopped after the completion of the process of primary tissue organization (primary repair), normalization of the natural position of the limbs, and the absence of lameness. The course of treatment ranged from 9 to 15 procedures, on average 12 (39 days), in the control group – on average 15 procedures (45 days).

We also studied the effectiveness of a liquid composition based on silicon dimethylglycerolates containing silicon and boron glycerolates for the treatment of purulent and purulent-necrotic processes in small pets. Our studies on the basis of the Animal Rehabilitation Center of the Ural State Agrarian University have shown that the use of this agent promotes accelerated tissue regeneration and has a pronounced anti-inflammatory effect. The agent was applied once a day until a positive effect was obtained, on average about 7 days. When treating a wound in the neck from an ingrown collar, after 6 days of using the agent, complete closure of the wound defect is noted (fig. 5). When the agent was applied in the area of tissue necrosis in the suture area after surgery to remove mammary gland tumors in a dog, after 8 days of using the agent there was noted an active process of wound regeneration and epithelialization (fig. 6).



A B C

Fig. 5. Wound in the neck from an ingrown collar: A – before using the product (wound 12 × 2 cm); B – 4 days after starting to use the product (wound 4 × 1 cm); C – 6 days after the start of application of the product (wound 2 × 0.5 cm)



A B C

Fig. 6. Necrosis in the suture area after surgery to remove breast tumors in a dog: A – before using the agent, B – after 4 days of using the agent, C – after 8 days of using the agent

### Discussion and Conclusion

Thus, we can conclude that the development of new agents and compositions based on organosilicon glycerohydrogels is a promising direction, which is associated with a wide range of possibilities for their use in veterinary practice. These funds have therapeutic and prophylactic activity when used in their pure form, as well as when used as active bases of pharmacological compositions. The problems of using various compo-

sitions in pathological processes in small domestic animals, as well as in the treatment and prevention of inflammatory diseases of the distal limb in animals, remain poorly studied. Based on the results of the work carried out at the Department of Surgery, Obstetrics and Microbiology, were defended 6 dissertations, including 2 doctoral dissertations, were received 6 RF patents for inventions.

### References

1. Bagmanov M. A., Yusupov S. R., Fayzrakhmanova R. N. Rezul'taty akushersko-ginekologicheskoy dispanserizatsii korov [Results of obstetric and gynecological clinical examination of cows] // Uchenye zapiski Kazanskoy gosudarstvennoy akademii veterinarnoy meditsiny im. N. E. Baumana. 2011. T. 207. Pp. 57–60. (In Russian.)
2. Batrakov A. Ya., Plemyashov K. V., Videnin V. N., Yashin A. V. Meropriyatiya, napravlennye na profilaktiku zabolevaniya korov mastitami [Measures aimed at preventing mastitis in cows] // Mezhdunarodnyy vestnik veterinarii. 2020. No. 2. Pp. 199–203. DOI: 10.17238/issn2072-2419.2020.199. (In Russian.)
3. Elesin A. V., Kurysheva M. V., Zabrodin E. A., Pelevina E. A., Khonina T. G., Tosova I. N. Effektivnost' ispol'zovaniya kompozitsii na osnove "Silativita" pri gnoyno-nekroticheskikh porazheniyakh kopytets vysokoproduktivnykh korov [The effectiveness of using the composition based on "Silativit" in purulent-necrotic lesions of the hooves of highly productive cows] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2011. No. 12-2 (92). Pp. 17–18. (In Russian.)
4. Zubkova L. I., Zvereva E. A., Andrianov L. V. Vliyaniye zabolevaniy vymeni na molochnyuyu produktivnost' korov [Influence of udder diseases on milk productivity of cows] // Dairy and beef cattle farming. 2015. No. 4. Pp. 35–37. DOI: 10.12737/12513. (In Russian.)
5. Isakova M. N., Ryaposova M. V., Bezborodova N. A., Britsina O. A. Mikrobiologicheskii fon pri vospalenii molochnoy zhelezy u vysokoproduktivnykh korov [Microbiological background in inflammation of the mammary gland in highly productive cows] // Problems on Veterinary Sanitation, Hygiene and Ecology. 2017. No. 2 (22). Pp. 63–67. (In Russian.)
6. Kovalenko A. M., Kokolov K. S., Kuz'min V. A. Razrabotka i aprobatsiya sredstva dlya lecheniya krupnogo rogatogo skota s zabolevaniyami distal'nogo otdela konechnostey [Development and testing of a remedy for the treatment of cattle with diseases of the distal extremities] // Issues of Legal Regulation in Veterinary Medicine. 2017. No. 2 (11). Pp. 83–86. (In Russian.)
7. Novikova E. N., Koba I. S., Shevchenko A. N., Reshetka M. B. Metod profilaktiki akushersko-ginekologicheskoy patologii u korov [Method of prevention of obstetric and gynecological pathology in cows] // Veterinariya i kormlenie. 2018. No. 6. Pp. 25–26. DOI: 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2018-6-9. (In Russian.)

8. Surkov R. A. Sravnitel'nyy opyt profilaktiki zabolevaniy distal'nogo otdela konechnostey krupnogo rogatogo skota [Comparative experience in the prevention of diseases of the distal limbs of cattle] // Nauchnyy zhurnal molodykh uchenykh. 2018. No. 2 (11). Pp. 36–40. (In Russian.)
9. Khonina T. G., Chupakhin O. N., Kungurov N. V., Zil'berberg N. V., Evstigneeva N. P., Kokhan M. M., Polishchuk A. I., Permikina E. Yu., Larionov L. P. Sintez i farmakologicheskaya aktivnost' kremniyborsoderzhashchego glitserogidrogelya [Synthesis and pharmacological activity of silicon boron-containing glycerohydrogel] // Russian Chemical Bulletin. 2019. No. 8. Pp. 1621–1628. (In Russian.)
10. Tomskikh A. S., Barashkin M. I., Barkova A. S., Shurmanova E. I. Otsenka effektivnosti lecheniya pri giperkeratoze soskov vymeni [Evaluation of the effectiveness of treatment for hyperkeratosis of the udder nipples] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2016. No. 8 (150). Pp. 58–63. (In Russian.)
11. Chupakhin O. N., Khonina T. G., Kungurov N. V., Zil'berberg N. V., Evstigneeva N. P., Kokhan M. M., Polishchuk A. I., Shadrina E. V., Larchenko E. Yu., Larionov L. P., Karabanalov M. S. Kremniyborsoderzhashchiy glitserogidrogel', obladayushchiy ranozazhivlyayushchey, regeneriruyushchey i antimikrobnoy aktivnost'yu [Siliconboron-containing glycerohydrogel with wound-healing, regenerating and antimicrobial activity] // Russian Chemical Bulletin. 2017. No. 3. Pp. 558–563. DOI: 10.1007/s11172-017-1771-2. (In Russian.)
12. Yakhaev I. M., Fedotov S. V., Belozertseva N. S. Ginekologo-mammologicheskaya dispanserizatsiy alaktiruyushchikh korov [Gynecological and mammological clinical examination of lactating cows] // Veterinary. 2020. No. 6. Pp. 33–38. DOI: 10.30896/0042-4846.2020.23.6.33-38. (In Russian.)
13. Yakhaev I. M., Fedotov S. V., Belozertseva N. S. Gynecological and mammological clinical examination of lactating cows // Veterinarnaya meditsina. 2020. No. 6. Pp. 33–38. DOI: 10.30896/0042-4846.2020.23.6.33-38.
14. Batrakov A., Videnin V., Yashin A., Nechaev A., Anipchenko P., Filatova A., Alekhin Yu. N. Treatment of cows with sub-clinical mastitis // Reproduction in Domestic Animals. 2019. T. 54. No. S3. Pp. 119.
15. Khonina T. G., Shadrina E. V., Larchenko E. Y., Shipovskaya A. B., Malinkina O. N., Zudina I. V. Formation features, properties and biomedical applications of silicon-chitosan containing glycerohydrogels // Advances in Chemistry Research. 2017. Pp. 193–226. DOI: 10.1007/s11172-015-1053-9.
16. Loretts O. G., Barkova A. S., Elesin A. V., Khonina T. G., Shurmanova E. I., Barashkin M. I., Millstein I. M. Dissemination, etiology, pathogenesis and treatment of cattle teat diseases in agricultural organizations of the Sverdlovsk region of Russian Federation // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2018. No. 9 (5). Pp. 1867–1882.
17. Yusupov S. R., Smolentsev S. Yu., Churina Z. G., Yusupova G. R., Hasanov A. R., Galimzyanov I. G., Krupin E. O., Konopeltsev I. G. Comparative efficiency of sepranol and cefamethrin use in postpartum acute endometritis in cows // International Journal of Research in Pharmaceutical Sciences. 2020. T. 11. No. 2. Pp. 1874–1878. DOI: 10.26452/ijrps.v11i2.2096.

#### Authors' information:

Anna S. Barkova<sup>1</sup>, doctor of veterinary sciences, associate professor, professor of the department of surgery, obstetrics and microbiology, ORCID 0000-0002-2602-6810, AuthorID 610629; +7 908 903-28-36, [barkova.as@mail.ru](mailto:barkova.as@mail.ru)

Evgeniya I. Shurmanova<sup>1</sup>, candidate of veterinary sciences, associate professor of the department of surgery, obstetrics and microbiology, ORCID 0000-0003-2466-8016, AuthorID 484858

Tatyana G. Khonina<sup>1,2</sup>, doctor of chemical sciences, professor of the department of chemistry, soil science and agroecology<sup>1</sup>; leading researcher<sup>2</sup>, ORCID 0000-0002-8746-7046 AuthorID 55591

Igor M. Millstein<sup>1</sup>, candidate of veterinary sciences, associate professor, associate professor of the department of surgery, obstetrics and microbiology, ORCID 0000-0001-6293-718X, AuthorID 816877

<sup>1</sup>Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia

<sup>2</sup>Postovsky Institute of Organic Synthesis of Ural Branch of the Russian Academy of Science, Ekaterinburg, Russia

## Specific features of the microbial resistance assessment in pig breeding enterprises

A. G. Isaeva<sup>✉</sup>, A. S. Krivonogova<sup>2</sup>, I. M. Donnik<sup>1</sup>, K. V. Moiseeva<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia

<sup>2</sup> Ural Federal Agrarian Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

✉ E-mail: isaeva.05@bk.ru

**Abstract.** The aim of this work was to study the opportunistic microbiocenosis of a pig-breeding enterprise and analyze its resistance to antimicrobial drugs (AMR- status). **Methods.** For two years on the pig farm there were taken samples of microflora from the mucous membranes and teats of pregnant and farrowed sows, from the mucous membranes and skin of piglets of weaning, rearing, fattening groups; from equipment, fencing, surfaces and inventory in different technological areas. The microorganism isolates isolated from the samples were determined for their sensitivity to antibiotics, which are most often used in veterinary practice and feeding in this region. **Results.** It was established that the surveyed enterprise has an unfavorable AMR-status. The nucleus of the opportunistic microbiocenosis was represented by *S. aureus*, *Ent. faecium* and *P. aeruginosa*, which accounted for about 44 % of the isolated isolates, while the isolates of these microorganisms in 85 % of cases had reduced sensitivity or resistance to one or more antibiotics. Multidrug resistance was found mainly in *S. aureus* isolates, which in 16 % of cases were resistant to three antibiotics, and in 7 % of cases – to six studied antibiotics of various classes. Most often, multidrug-resistant staphylococcus aureus was detected in sows and piglets in the weaning phase. Also, during the research, there was found a high resistance of opportunistic microflora isolates to tetracycline, which had been used in this farm for more than three years. More than 10 % of tetracycline-resistant *S. aureus* and *Ent.* isolates were found on the skin and mucous membranes of fattening pigs. *faecium*, which indicated an increased risk of contamination of raw meat at the slaughter stage by microorganisms carrying genes for resistance to tetracyclines. The **novelty** of this work lies in obtaining relevant data on the AMR status of a pig-breeding facility and identifying the most unfavorable technological areas in terms of microbial resistance. The research is executed at the expense of a grant of the RSF (project No.18-16-00040).

**Keywords:** antimicrobial resistance, opportunistic microflora, antibiotic sensitivity, antibiotic resistance, pigs, AMR status, AR contamination, tetracycline, multi-resistance, pig breeding enterprise.

**For citation:** Isaeva A. G., Krivonogova A. S., Donnik I. M., Moiseeva K. V. Specific features of the microbial resistance assessment in pig breeding enterprises // Agrarian Bulletin of the Urals. 2020. No. 11 (202). Pp. 59–63. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-202-11-59-63. (In Russian.)

**Paper submitted:** 04.08.2020.

### Introduction

The high antimicrobial efficacy of antibiotics has led to their widespread use in all areas of medicine, veterinary medicine, and agriculture around the world. For decades, different types of antibiotics have been used not only for therapeutic but also for prophylactic purposes, especially in the industrial and food sectors. However, strains of resistant microorganisms were known even before the large-scale use of antibiotic therapy in the first half of the 20th century. High adaptive abilities of microorganisms contributed to the rapid activation of mechanisms of resistance to antimicrobial substances of various nature. The list of animals' and humans' infections, which are less and less responsive to antibiotic therapy, is growing every year. The World Health Organization has recognized that antibiotic resistance is one of the major threats to public health and food safety in the 21st century [1, p. 1235], [2]. Antibiotic-resistant infections are known to correlate with antibiotic consumption. [3 p. 226], [4, p. 227], [5, p. 2288]. Back in 1989, it was found that any form of antimicrobial action leads to an increase in the

prevalence of antimicrobial resistance and multiple resistance of bacteria [6]. For a long time, antibiotics have been widely used in medicine and agriculture without control, assessment of feasibility, for prevention. This resulted in the spread of genes for resistance to antimicrobial drugs, including antibiotics, antituberculosis, antiviral, antiparasitic and antifungal drugs, in microbiocenoses [2], [7]. The antibiotic resistance gene (ARG) is now considered a new contaminant. Studies have shown that livestock enterprises are one of the main reservoirs of AR genes [8, p. 820], [1, p. 1242]. Microbiome components carrying antibiotic resistance genes enter the environment along with animal excrement, accelerating the spread of ARGs in the environment; in addition, at some technological stages of production and processing of animal raw materials, they can enter the raw materials, enter the food chain and be transmitted to humans. Thus, the contamination of biocenoses and food chains with microorganisms and AR genes presents a new threat to public health. [1, 1242], [9, p. 1], [10, p. 48]. The global action plan to combat antimicrobial resistance, adopted

by WHO in 2015, declared monitoring of microbial resistance, control of antibiotics in veterinary medicine and agriculture, scientific search for AMR containment mechanisms [11], [12]. Currently, the study of the mechanisms of bacteria interaction with antibiotics using molecular biological analysis of the phenomena of resistance has made it possible to increase the effectiveness of antibiotic therapy without increasing the risk of spreading antimicrobial resistance (AMR) [13, p. 91]. There are technologies and vaccine prevention of a number of bacterial infections, the treatment of which with antibiotics is difficult due to the high level of resistance – for example, immunization against pneumococcus and prevention of pneumonia caused by it in humans [14, p. 96].

However, in the field of livestock, the fight against AMR lags behind that in health care both in quality and in terms of coverage. Thus, the introduction of microbial resistance passports at livestock facilities in the Russian Federation is still experimental, isolated. It is known that the level of contamination of livestock systems with AR-agents (including genes and bacteria themselves) is constantly growing all over the world [15, p. 1251]. At the same time, according to the available literature data, countries with low and middle income, including the Russian Federation, do not adequately control and do not regulate the use of antibiotics, as a result of which the situation with the growth of antimicrobial resistance (AMR) in them remains unfavorable [15, p. 1], [14, p. 95]. The methods of leveling technological errors in preventive antibiotic therapy widespread in animal husbandry, the use of antibiotic-containing feed additives in pig breeding to increase the adaptive capabilities of livestock under constant stress, inevitably leads to a deterioration in the AMR status of the enterprise. However, prophylactic antibiotics can make any antibiotic therapy ineffective for this population, therefore it is prohibited in developed countries. [16, p. 52]. Resistant staphylococci, enterococci, *Pseudomonas aeruginosa*, *Proteus*, *Escherichia coli*, *Klebsiella* and ARG are considered to be unwanted microbiome contaminants in pig production. [17, p. 37] [10, p. 48], [18, p. 277]. Multi-resistant isolates of these microorganisms are becoming a new problem for pig breeding, since in addition to the ineffectiveness of antibiotic therapy, they also reduce the

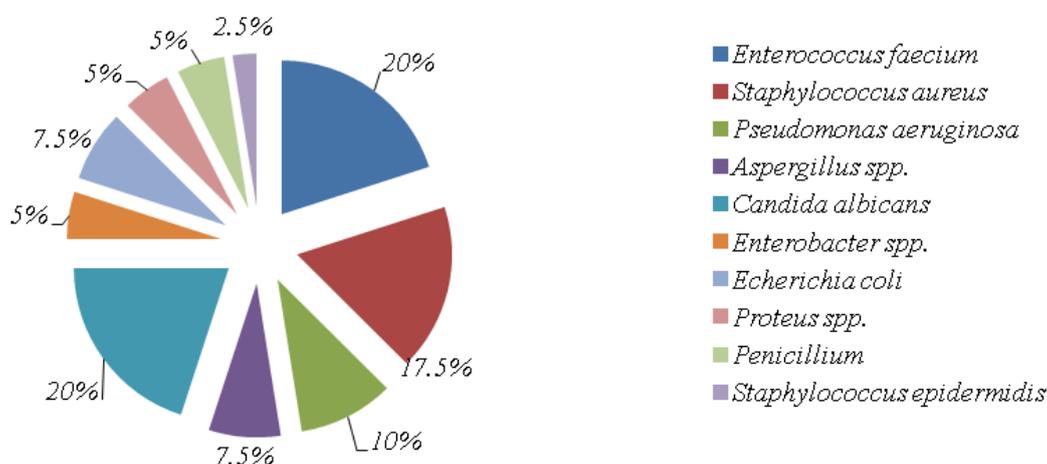
quality of meat raw materials and products. Meat contaminated with antibiotic resistance isolates or resistance determinants becomes a factor in the transmission of AMR to the consumer through the food chain. [18, p. 280]. [15, p. 1251]. In addition, the release of resistant microorganisms and ARG into the environment with waste from pig farms contributes to the contamination of soil, water bodies, plants, wild animals, and, in general, leads to a deterioration of the AMR status of the area. [19, p. 83.] [20, p. 430], [21, p. 60]. [5, p. 2290]. In this regard, it seems relevant to study the opportunistic microbiocenosis and its AMR status at pig breeding facilities.

The aim of the research was to study the characteristics of the opportunistic microbiocenosis of a pig-breeding facility and to assess the level of spread of antimicrobial resistance (AMR). To achieve the goal, the following tasks were implemented: was carried out a structural analysis of opportunistic microbiocenosis at pig breeding facilities; was performed the analysis of the sensitivity of isolates to antibiotics.

### Methods

The research was carried out in 2018–2019 at a pig breeding enterprise in the Sverdlovsk region. There were taken samples of air, feed and premixes, bedding, water for drinking, washings were made from mucous membranes and teats of pregnant and farrowed sows, washings from mucous membranes and skin of piglets of weaning, rearing, fattening groups; flushes from equipment, fencing, surfaces and inventory in different areas and in different points of technological rooms. The collected samples were analyzed according to standard microbiological methods. Sowing on nutrient media, cultivation, isolation of a pure line, identification of isolates, and pathogenicity were determined [22]. We studied the sensitivity of the isolated isolates to the classes of antibiotics most often used in veterinary practice and feeding: ampicillin, amoxicillin (semisynthetic penicillins), meropenem (carbapenems), cefazolin (cephalosporin I generation), tetracycline (fluoroquinolones, III generation), van (glycopeptides), rifampicin (ansamycins), azithromycin (macrolides). The analysis of antibiotic susceptibility was performed by the disk diffusion method. The data were statistically processed using the STATISTICA 10 program.

*Frequency distribution of isolates on the surveyed pig farm in 2019*



*Fig. 1. Frequency distribution of isolates that make up the core of the opportunistic microbiocenosis on the surveyed pig farm in 2019*

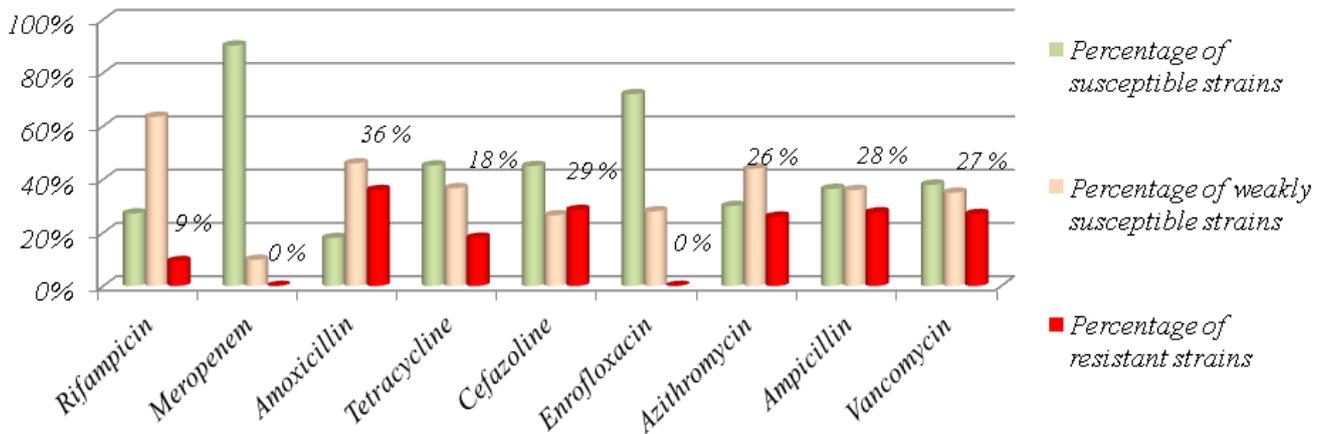
*Antibiotic sensitivity of isolates found in the sows area (2019)*

Fig. 2. Antibiotic sensitivity of opportunistic pathogenic microorganism isolates found in the sows area

### Results

Microbiological studies carried out at a pig-breeding enterprise showed that the species composition of the opportunistic part of the microbiota was relatively the same for two years. Most often, isolates of enterococci, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa* were found in the samples. The average distribution of isolates over two years of observation by frequency of occurrence in samples was as follows: *Ent. faecium* (19.2 %), *C. albicans* (14.3 %), *S. aureus* (13.1 %), *P. aeruginosa* (12.3 %), *Aspergillus* spp. (9.2 %), *Enterobacter* (6.8 %), *Proteus* spp. (6.2 %), *E. coli* (5.6 %), *S. saprophyticus* (3.7 %), *S. epidermidis* (2.3 %), *Penicillium* spp. (1.8 %). Isolates *Ent. faecalis*, *Ent. durans*, *Klebsiella* spp., *Fusarium* spp., *Mucor* spp., were found less often – in total, their share did not exceed 5.5 % in this distribution.

Significant two-year dynamics for 2018–2019 in the ratio of isolates in the nucleus of the opportunistic microbiocenosis on the surveyed pig farm was revealed for *C. albicans* (an increase of 11.3 %), *S. aureus* (an increase of 3.5 %), *E. coli* (an increase of 2 times). The share of *Ent. faecium*, *S. epidermidis*, decreased proportion of *Penicillium* spp., *Aspergillus* spp. (fig. 1). In general, the constancy of the presence of the main isolates of opportunistic microflora was noted in samples from all objects – from the mucous membranes and skin of sows, piglets, from fences, equipment, implements, in samples, litter, feces, feed, water and air. The ratio of microorganisms was different from the typical farm only in the case of samples of manure and litter. These samples were dominated by isolates of enterococci (in 100 % of the samples, isolates of *Ent. faecium* were found), *Proteus*; *Pseudomonas aeruginosa* isolates were relatively rare (in 5–8 % of samples).

We established a high level of contamination of the number of pregnant sows with *C. albicans*, *S. aureus* and *P. aeruginosa*. Isolates of these microorganisms were found in 50–70 % of swabs from the mucous membranes of the mouth, nose and vagina. In the inventory (scrapers, shovels) in all surveyed areas, isolates of *Enterococcus*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Proteus* (the ratio of *P. vulgaris* and *P. mirabilis* averaged 7:1), *Penicillium*, *Aspergillus* were found. The total microbial count in air samples averaged 2900–3200 CFU/m<sup>3</sup>,

which indicated a high microbial load. From air samples, mainly mold fungi, enterococcus and *Staphylococcus aureus* were sown.

We investigated the AMR-status of the detected isolates. The sensitivity of bacteria to antibiotics used in this farm for at least three years (tetracycline, cefazolin, ampicillin), as well as to antibiotics most often used in pig farms in the Ural region (amoxicillin, meropenem, enrofloxacin, vancomycin, rifampicin, azithromycin). All these drugs, with the exception of enrofloxacin, are used not only in veterinary but also in medical practice for the treatment of infectious, surgical and purulent-septic pathology in humans. Therefore, the contamination of raw materials, products and the environment with bacteria and genes for resistance to these antibiotics can pose a risk for both farm employees and consumers of its products, and timely detection of resistant isolates at a pig breeding enterprise is important not only for animals.

When processing the test results, only those microorganisms were taken into account that are included in the spectrum of action of a particular antibiotic, are targets for it, and in relation to which the mechanism of bactericidal or bacteriostatic action of this drug is realized in a minimum inhibitory concentration. Microorganisms with natural resistance to a particular class of antibiotics were not considered. Cases of dose-dependent effects, native moderate and weak sensitivity of the microorganism to the antibiotic were not taken into account.

The greatest number of episodes of resistance was detected at the processing area of sows. The samples contained isolates resistant to rifampicin, ampicillin and amoxicillin, vancomycin, cefazolin and tetracycline. At the same time, the highest resistance was recorded to amoxicillin, which was used in this farm for less than two years (about 36 % of isolated microorganisms were immune). 28 % of isolated isolates were resistant to ampicillin (fig. 2). This fact indicates the initially high status of antimicrobial resistance for ampicillin and its protected variant – amoxicillin – on the surveyed pig farm, which may be associated with a long period of amoxicillin use in previous years or with the introduction of resistant microorganisms and AMR genes into the farm from the outside.

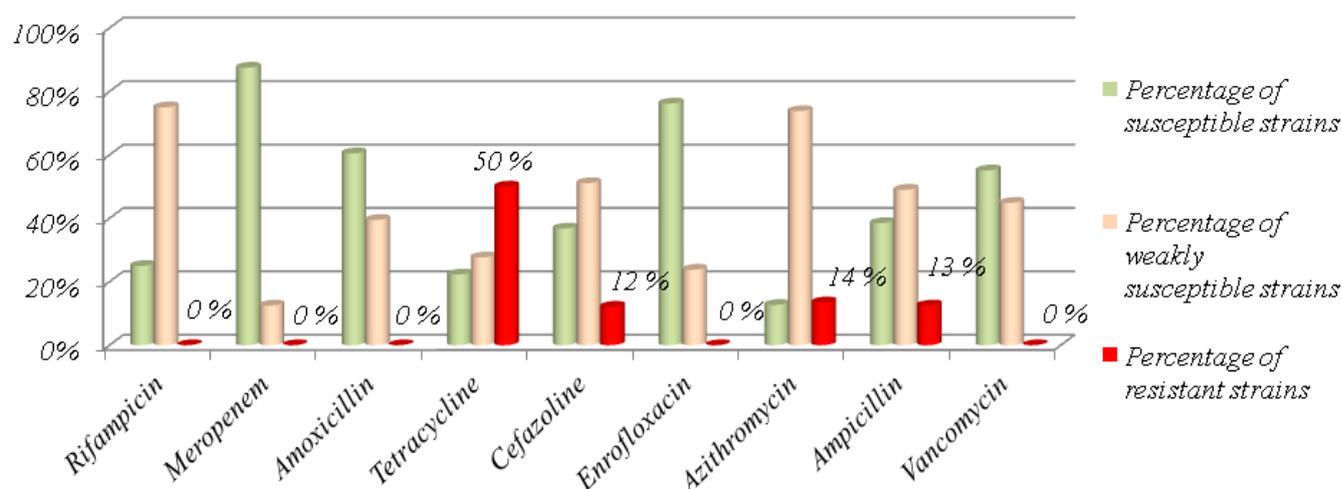
*Antibiotic sensitivity of isolates found in the weaning site (2019)*

Fig. 3. Antibiotic sensitivity of opportunistic pathogenic microorganisms isolates found at the weaning site

At the technological site, where piglets are kept in the weaning phase, the AMR status of the microbiocenosis looked different: the most unfavorable antibiotic was tetracycline, half of all detected isolates were resistant to it (fig. 3).

In the growing area, tetracycline-resistant isolates remained, but the frequency of their detection decreased by half (to 25 %). Resistance to ampicillin (12 %) and rifampicin (12 %) was also found. In the feeding area, 13 % of tetracycline-resistant isolates were found. Thus, tetracycline resistance in this pig farm has been identified in all key processing areas. The retention of resistant isolates during the feeding phase increases the risk of AR genes and bacterial contamination of raw meat during slaughter and cutting.

In general, when analyzing the AMR status of the opportunistic microbiocenosis of a pig farm, the greatest number of episodes of resistance was found in *S. aureus* isolates. Reduced sensitivity to one antibiotic was detected in more than 85 % of detected staphylococci. More than 64 % of all isolates of this microorganism showed resistance to antibiotics of at least one class, in 16 % of cases they showed multiresistance to 3 classes of ABP, in 7 % of cases – multiresistance to six classes of ABP: to semisynthetic penicillins, carbapenems, tetracyclines, fluoroquinolones and glycopeptides). Such multi-resistant *S. aureus* isolates, found on the mucous membranes of the vagina, oral cavity in sows and piglets from weaning and growing groups; from samples of litter and swabs from inventory in the premises where these animals were kept. Sensitivity analysis of *P. aeruginosa* and *Ent. faecium* showed that about 38 % of all isolated *Ent. faecium* were insensitive to at least one drug (most often to tetracycline, ampicillin, vancomycin); more than half of *P. aeruginosa* isolates were resistant or had extremely low sensitivity to macrolides and fluoroquinolones.

A general analysis of cases of multiple resistance over a two-year period showed the following: the total number of cases of resistance to two classes of ABD was 9.2 % of all isolated strains; to 3 classes of antibiotics – 5.5 %, and to 5–6 classes – 2.7 %. The growth in 2019 compared to 2018 was 0.7 %, 1.0 % and 0.5 %, respectively. No super-resistant strains resistant to all 8 ABP classes that were in the work were not found.

### Discussion and Conclusion

The studies carried out have shown that there is a pool of antibiotic-resistant microorganisms at the pig breeding enterprise, which make up a relatively stable core of opportunistic microbiocenosis. Fluctuations in the proportions of different microorganisms in the structure of the microbiocenosis during two years were quite noticeable, but the proportion of the main representatives – *S. aureus*, *Ent. faecium* and *P. aeruginosa* remained the largest, accounting for a total of 44 % of the isolated isolates. At the same time, the detected isolates of these microorganisms were characterized by a high level of resistance to antibiotics. More than 85 % of the isolates had either reduced sensitivity to the studied antibiotics or were resistant to one of them. The greatest number of cases of multiple resistance was found in *S. aureus* isolates, which in 16 % of cases were resistant to three and in 7 % of cases to six antibiotics of various classes. Especially significant is the fact that multidrug-resistant isolates of *Staphylococcus aureus* have been detected in sows and weaning sites. The highest level of total resistance was found on the site of sows, which, most likely, is associated with the duration of keeping pigs for reproductive purposes. At this site, there was a risk of contamination of newborn piglets with staphylococcus strains with a high level of antibiotic resistance. It was found that tetracycline, which had been used in this farm for a long time, had lost its effectiveness – half of the isolates isolated at the technological site of weaning were resistant to it. More than 10 % of tetracycline-resistant isolates, mainly *S. aureus* and *Ent. faecium*. This fact indicates a high risk of contamination of meat raw materials at the slaughter stage by microorganisms carrying genes for resistance to tetracyclines.

The results of our studies indicate that the AMR status of the surveyed enterprise is not well and about the need to take measures to contain antimicrobial resistance, eliminate resistant strains and protect raw meat from contamination with AMR agents.

### Acknowledgements

The research is executed at the expense of a grant of the RSF (project No.18-16-00040).

## References

1. Shi X., Wang S. Antibiotic resistance in environment of animal farms // Chinese journal of biotechnology. 2018. V. 34. Pp. 1234–1245.
2. Global Framework for Development & Stewardship to Combat Antimicrobial Resistance. Draft Roadmap. WHO/EMP/IAU/ 2017.08 (revised 19 October 2017) [e-resource]. URL: [https://www.who.int/antimicrobial-resistance/global-action-plan/UpdatedRoadmap-Global-Framework-for-Development-Stewardship-to-combatAMR\\_2017\\_11\\_03.pdf?ua=1](https://www.who.int/antimicrobial-resistance/global-action-plan/UpdatedRoadmap-Global-Framework-for-Development-Stewardship-to-combatAMR_2017_11_03.pdf?ua=1) (appeal date: 25.09.2019)
3. Sandru F., Popa A., Dumitrascu M., Petca A., Petca R. C., Draghici C., Stănescu A. New perspectives on antibiotic resistance // Romanian Medical Journal. 2019. T. 66. Pp. 226–228.
4. Zaman S. B. Hussain M., Nye R., Mehta V., Mamun T., Hossain N. A Review on Antibiotic Resistance: Alarm Bells are Ringing // Cureus. 2017. No. 9 (6). e. 1403.
5. Gellin G., Gellin L., Dawson K., Aaron D. Antibiotic resistance of Gram-negative enteric bacteria from pigs in three herds with different histories of antibiotic exposure // Applied and environmental microbiology. 1989. T. 55. Pp. 2287–2292.
6. Akhtar S., Choudhary N., Rasheed M. Antibiotic Resistance: A Global Phenomenon // Indian Journal Of Applied Research. 2019. Vol. 9. Iss. 2. Pp. 52–58.
7. Order of the Government of the Russian Federation of September 25, 2017 No. 2045-r “On the Strategy for preventing the spread of antimicrobial resistance in the Russian Federation for the period up to 2030. Strategy for preventing the spread of antimicrobial resistance in the Russian Federation for the period until 2030”. Approved by the order of the Government of the Russian Federation of September 25, 2017 No. 2045-r [e-resource]. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71677266/#review> (appeal date: 17.08.2019).
8. Hasan Abusaiba T. AL-Harmoosh R. Mechanisms of Antibiotics Resistance in Bacteria // Systematic Reviews in Pharmacy. 2020. V. 11. Pp. 817–823.
9. Ventola L. C. The antibiotic resistance crisis. Part I: Causes and Threats // Pharmacy and Therapeutics. 2015. No. 40. Pp. 277–283.
10. Lartseva L. V., Obukhova O. V., Barmin A. N. Ekologicheskaya i biologicheskaya opasnost' rezistentnosti uslovno-patogennoj mikroflory k antibiotikam (obzor) [Environmental and biological danger of resistance of opportunistic microflora to antibiotics (review)] // Russian Journal of Applied Ecology. 2015. No. 4 (4). Pp. 47–52. (In Russian.)
11. Global action plan on antimicrobial resistance. Sixty-eighth World Health Assembly. WHA68.7 (Agenda item 15.1 26 May 2015) [e-resource]. URL: [https://apps.who.int/gb/ebwha/pdf\\_files/WHA68/A68\\_R7-en.pdf?ua=1](https://apps.who.int/gb/ebwha/pdf_files/WHA68/A68_R7-en.pdf?ua=1) (appeal date: 17.08.2019).
12. Terrestrial Animal Health Code, Terrestrial Animal Health Code. Chapter 6.10. Responsible and prudent use of antimicrobial agents in veterinary medicine [e-resource]. URL: [https://www.oie.int/fileadmin/Home/eng/Health\\_standards/tahc/current/chapitre\\_antibio\\_use.pdf](https://www.oie.int/fileadmin/Home/eng/Health_standards/tahc/current/chapitre_antibio_use.pdf) (appeal date: 17.08.2019).
13. Etebu E. Arikekpar I. Antibiotics: Classification and mechanisms of action with emphasis on molecular perspectives // International Journal of Applied Microbiology and Biotechnology Research. 2016. Vol. 4. Pp. 90–101.
14. Lewnard J. A. Lo N. C., Arinaminpathy N. Childhood vaccines and antibiotic use in low- and middle-income countries // Nature. 2020. T. 581. Pp. 94–99.
15. Moore C. Changes in antibiotic resistance in animals // Science. 2019. Vol. 365. Pp. 1251–1252.
16. Mathew A. Achieving sustainable production of pig meat. Vol. 1. London: Burleigh Dodds Science Publishing, 2018. 290 p.
17. Khan M. F. Brief History of Staphylococcus aureus: A Focus to Antibiotic Resistance // EC Microbiology. 2017. No. 5. Pp. 36–39.
18. Fard R. Heuzenroeder M., Barton M. Antimicrobial and heavy metal resistance in commensal enterococci isolated from pigs // Veterinary microbiology. 2010. No. 148. Pp. 276–282. DOI: 10.1016/j.vetmic.2010.09.002.
19. Barton M. D. Antibiotic use in animal feed and its impact on human health // Nutrition Research Reviews. 2000. No. 13. Pp. 279–299.
20. Krzeminski P., Popowska M. Treatment Technologies for Removal of Antibiotics, Antibiotic Resistance Bacteria and Antibiotic-Resistant Genes // Antibiotics and Antimicrobial Resistance Genes. Emerging Contaminants and Associated Treatment Technologies. Springer, Cham. 2020. Pp. 415–434.
21. Ebner P., Yingying H. Dealing with the challenge of antibiotic resistance in pig production // Achieving sustainable production of pig meat. Volume 1: Safety, quality and sustainability. Burleigh Dodds Science Publishing. 2018. Pp. 51–66.
22. Klinicheskie rekomendacii. Opredelenie chuvstvitel'nosti mikroorganizmov k antimikrobnym preparatam [Clinical recommendations. Determination of the susceptibility of microorganisms to antimicrobials] [e-resource]. 2015. URL: <http://www.antibiotic.ru/minzdrav/files/docs/clrec-dsma2018.pdf> (appeal date: 18.08.2019). (In Russian.)

## Authors' information:

Albina G. Isaeva<sup>1</sup>, doctor of biological sciences, associate professor of the department of infectious and non-infectious pathology, ORCID 0000-0001-8395-124, AuthorID 665717; +7 982 872-89-10, [isaeva.05@bk.ru](mailto:isaeva.05@bk.ru)

Anna S. Krivonogova<sup>2</sup>, doctor of biological sciences, associate professor, leading researcher, ORCID 0000-0003-1918-3030, AuthorID 683239; +7 982 651-29-34

Irina M. Donnik<sup>1</sup>, doctor of biological sciences, professor, academician of the Russian Academy of Sciences, head of the department of infectious and non-infectious pathology, ORCID 0000-0001-8349-3004, AuthorID 313786

Ksenia V. Moiseeva<sup>1</sup>, assistant of the department of infectious and non-infectious pathology, ORCID 0000-0002-9858-1880, AuthorID 779572; +7 953 047-58-87

<sup>1</sup>Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia

<sup>2</sup>Ural Federal Agrarian Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

## Анализ наследования количественных признаков у гибрида риса Кубояр × Гагат

П. И. Костылев<sup>✉</sup>, Е. В. Краснова<sup>1</sup>, А. В. Аксенов<sup>1</sup>, Э. С. Балюкова<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Аграрный научный центр «Донской», Зерноград, Россия

<sup>✉</sup> E-mail: p-kostylev@mail.ru

**Аннотация.** Рис является одним из главных продуктов питания в мире. В основном используется белый рис, но имеются также сорта с красным, коричневым и черным перикарпом зерна. Такой рис гораздо полезнее для здоровья. Статья посвящена созданию новых линий риса с черным околоплодником. **Цель работы** – изучение наследования варьирующих количественных признаков у межподвидового гибрида риса Кубояр × Гагат с последующим отбором выделенных образцов. **Методы.** Гибридизацию этих сортов провели в 2017 г. Математическую обработку данных исследований проводили с использованием программы Statistica 6. Для генетического анализа использовали программу «Полиген А» А. Ф. Мережко (2005). Исследования проводили в 2018–2019 гг. на базе Обособленного подразделения «Пролетарское» Ростовской области. **Научная новизна.** Проведен генетический анализ варьирующих количественных признаков, влияющих на зерновую продуктивность риса, и установлен ряд новых закономерностей. **Результаты.** Наследование высоты растений у гибридов F<sub>2</sub> происходило по типу сверхдоминирования больших значений признака. Родительские формы различались по аллельному состоянию двух пар генов. По длине метелки наблюдались частичное отрицательное доминирование и моногенные различия скрещенных сортов. По числу колосков на метелке выявлены сверхдоминирование большей величины признака и взаимодействие двух пар генов. По массе 1000 зерен установлены частичное доминирование больших значений признака и моногенные различия исходных родительских форм. По длине зерновки доминирование отсутствовало, родительские формы различались по двум парам генов. По ширине зерен доминировали меньшие значения признака, расщепление происходило по моногибридной схеме. Проведен отбор выделенных образцов, формирующих компактную прямостоячую метелку и зерновки с черным перикарпом для дальнейшей селекционной работы.

**Ключевые слова:** рис, гибрид, наследование, количественные признаки, высота растений, длина метелки, зерновка.

**Для цитирования:** Костылев П. И., Краснова Е. В., Аксенов А. В., Балюкова Э. С. Анализ наследования количественных признаков у гибрида риса Кубояр × Гагат // Аграрный вестник Урала. 2020. № 11 (202). С. 64–75. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-202-11-64-75.

**Дата поступления статьи:** 16.05.2020.

### Постановка проблемы (Introduction)

Рис (*Oryza sativa* L.) – это одна из главных пищевых культур большинства народов мира, особенно в Азии. Хотя наиболее широко потребляется белый рис, существует много специальных сортов, которые содержат черные, коричневые, красные и фиолетовые пигменты [1, с. 21].

Окраска перикарпа риса – это один из важных признаков улучшения качества зерна для биологического и фармакологического применения. Антоцианины – это природные красители, которые делятся на два типа: антоцианы (черный рис) и антоцианидины (красный рис) [2, с. 2890].

Они обладают сильными антиоксидантными и антимутационными свойствами и оказывают сильное влияние на здоровье человека. Высокое содержание антоцианов в черном перикарпе риса полезно людям с заболеваниями сердца, диабетом, риском рака [3, с. 9].

При селекционной работе по созданию сортов риса с черным перикарпом важно, чтобы они, как и белозерные, имели оптимальные величины морфо-биологических признаков, обуславливающих большую урожайность.

Высота растений риса связана с урожайностью за счет устойчивости к полеганию и индекса урожая. Многие ученые доказали, что высота растений, количество продуктивных стеблей на них и продолжительность вегетационного периода – важные агрономические признаки, значительно коррелирующие между собой и повышающие урожайность сортов риса [4, с. 2].

В пределах вида *Oryza sativa* L. высота растений сильно варьирует и находится под контролем нескольких серий генов короткостебельности и высокорослости. Знаменитый ген зеленой революции *sdl* был клонирован и охарактеризован в 2002 г. [5, с. 701].

Высота растений риса контролируется локусами количественных признаков (QTL), которые были картированы на всех 12 хромосомах [6, с. 1], [7, с. 67]. Гены, контролирующие высоту растений риса, были охарактеризованы или клонированы, включая 17 генов, участвующих в путях гиббереллина, 25 генов – брассиностероидов, 10 генов – стриголактона, 22 гена – индол-3-уксусной кислоты, абсцизовой кислоты, этилена и других фитогормонов [8, с. 3], [9, с. 200].

Длина метелки риса также является важным признаком, определяющим ее структуру и влияющим на урожайность зерна, в частности, на такие компоненты, как количество зерен в метелке, ее плотность и качество зерна риса. Выявлено более 200 локусов количественных признаков длины метелки (QTL), но только небольшая их часть применяется в селекции риса.

С помощью картирования сцепления в популяции рекомбинантных инбредных линий, полученных от скрещивания между сортами с короткой и длинной метелкой, китайские ученые обнаружили четыре QTL для этого признака на хромосомах 4, 6 и 9. Основной локус *LONG PANICLE 1 (LPI)* находится на хромосоме 9 [10, с. 5].

X. Wang с соавторами выявили четырнадцать QTL для длины метелки. Из них три QTL действовали положительно, а остальные 11 – отрицательно. Они нанесли на генетическую карту локусы *qPL6-2* и *qPL7-1* в хромосомах 6 и 7 соответственно [11, с. 305].

Количество зерновок на метелке и их масса – это очень важные признаки, непосредственно определяющие урожайность зерна риса. В настоящее время найдено много генов, контролирующих массу и количество зерен на метелке, среди них *Gnla*, *DEP1*, *IPAI*, *LP*, *DST* и *FZP*. Всего было идентифицировано 58 QTL, распределенных по всем 12 рисовым хромосомам, в том числе 22 – по количеству зерен на метелке, 17 – по количеству колосков на метелке, 19 – по фертильности колосков [12].

Японские ученые K. Sasaki, D. Fujita с соавторами обнаружили локусы количественных признаков (QTL) для числа колосков в метелке у гибридов, полученных от скрещивания сорта IR 64 с новыми хорошо озерненными линиями. Два QTL были обнаружены в длинном плече хромосомы 12: *qTSN12.1* и *qTSN12.2*. Количество колосков на основном побеге было значительно выше у почти изогенных линий (NIL) *qTSN12.1* (188,6) и *qTSN12.2* (199,4), чем у IR 64 (141,2) вследствие значительного увеличения числа первичных и вторичных веточек. Полученные результаты подтверждают критическую функцию данных QTL в стимулировании ветвления рахиса на стадии образования метелки. Эти линии имели более длинные стебли и листья и более широкие листья по сравнению с IR 64. Фертильность, масса 1000 зерен и урожай зерна на 1 кв. м были также выше, чем у IR 64. Эти идентифицированные QTL будут полезны для генетического улучшения потенциальной урожайности сортов риса [13, P. 2694].

M. Susilowati с соавторами сообщили о четырех основных QTL для числа зерен на метелке, которые находились в хромосомах 1, 4, 6 и 7 [14, P. 160].

Высокая урожайность риса в значительной степени зависит от размеров и массы зерновки. Для длины, ширины и массы зерновки были идентифицированы гены *Ghd7*, *GS3*, *GS5*, *GW8*, *TGW6*, *GW6a*, *GLW7*, *OsLG3*, *GSE5*, *GW5*, *WTG1* и *LGY3*. F. Xu с соавторами исследовали 416 образцов риса с помощью 143 маркеров и на основе их фенотипических вариаций обнаружили 27 QTL, влияющих на размеры зерна. Локус *GS3* тесно связан с длиной, шириной зерновки, соотношением  $l/b$  и был широко распространен в разных группах сортов [15, P. 2200].

Y. Zeng с соавторами с использованием методов множественных интервальных карт в пяти гибридных популяциях обнаружили регулирование длины зерновки четырьмя QTL (*qGL-3-1*, *qGL-3-2*, *qGL-4*, и *qGL-7*). Линейный регрессионный анализ показал, что комбинация из восьми аллелей определяла длину зерна. Растения, несущие больше аллелей, увеличивающих длину зерна, имели более длинную зерновку, и наоборот [16].

P. Sun с соавторами идентифицировали 3 QTL и создали почти изогенные линии (NIL) для каждого из них. Локус *qGS3* контролировал длину, ширину, толщину зерновки и соотношение  $l/b$ , *qTGW6.2* – длину и ширину, а *qGT7* – толщину и ширину [17, с. 3].

Основной QTL для массы зерновки был идентифицирован возле центромеры хромосомы 3. Другие QTL для массы зерна были найдены в хромосомах 2, 5, 8 и 12. Этот признак контролируют также гены *TGW6*, *WTG1*, *Osp118* [18, с. 42].

Селекция черnozерного риса ведется во ВНИИ риса, созданы интересные сорта Мавр, Гагат, Южная ночь [3, с. 10]. Выведение такого риса для Ростовской области также является актуальным, поэтому нужно знать типы наследования признаков у гибридов от скрещивания белозерных и черnozерных сортов.

Цель настоящей работы – изучение наследования варьирующих количественных признаков у межподвидового гибрида риса Кубояр × Гагат с последующим отбором выделенных образцов, сочетающих в себе морфологические признаки оптимальной величины, для селекционной работы.

#### Методология и методы исследования (Methods)

В качестве материала для исследований использовали гибриды  $F_1$  и  $F_2$  из комбинации Кубояр × Гагат.

Сорт Кубояр селекции АНЦ «Донской» относится к подвиду *japonica*, разновидность *nigro-apiculata*. Сорт среднеспелый, вегетационный период – 125 дней. Высота растений – 85–94 см. Метелка прямостоячая, компактная, длиной 15 см, несет 140–170 колосков, плотность 11 шт/см. Зерна овальные, средней величины, длиной 8,5 мм, шириной 3,5 мм. Отношение длины зерновки к ширине  $l/b$  – 2,4. Масса 1000 зерен – 28–29 г. Зерновка белая, стекловидная (97 %).

Сорт Гагат селекции ВНИИ риса относится к подвиду *indica*, разновидность *bansmatica*. Среднепоздний, вегетационный период – 130 дней. Растения относительно высокорослые, высота – 115–120 см. Метелка поникающая, длиной 17–23 см, несет 120–150 колосков, плотность 6 шт/см. Сорт длиннозерный, длина зерновки – 10,2 мм, ширина – 2,8, отношение  $l/b$  – 3,6. Масса 1000 зерен – 31–32 г. Перикарп зерновки темно-фиолетовый, почти черный. Стекловидность 98 %.

Исследования проводили в 2018–2019 гг. на полях Обособленного подразделения «Пролетарское» Ростовской области. Гибридизацию этих сортов провели в 2017 г. При закладке опытов руководствовались методикой полевого опыта Б. И. Доспехова (1985). Математическую обработку данных исследований проводили с использованием программы Statistica 6. Для генетического анализа использовали программу «Полиген А» А. Ф. Мерещко (2005) [19, с. 110].

Таблица 1  
Морфобиологические признаки гибрида F<sub>1</sub> Кубояр × Гагат, его родительских форм и степень доминирования (hp), 2018 г.

Сорт	Период «всходы – цветение», дни	Высота растения, см	Длина метелки, см	Число колосков, шт.	Масса 1000 зерен, г	Фертильность, %
Кубояр	95	86,8	15,3	130,5	29,0	91,9
Гагат	100	116,2	20,1	120,4	31,2	88,1
F <sub>1</sub>	187	116,4	19,7	198,0	30,1	4,6
hp	35,8	1,0	0,8	14,4	0,0	-44,9

Table 1  
Morphobiological traits of the F<sub>1</sub> Kuboyar × Gagat hybrid, its parent forms and degree of dominance (hp), 2018

Variety	The period “germination – flowering”, days	Plant height, cm	Panicle length, cm	Number of spikelets, pcs.	Weight of 1000 grains, g	Fertility, %
Kuboyar	95	86.8	15.3	130.5	29.0	91.9
Gagat	100	116.2	20.1	120.4	31.2	88.1
F <sub>1</sub>	187	116.4	19.7	198.0	30.1	4.6
hp	35,8	1.0	0.8	14.4	0.0	-44.9

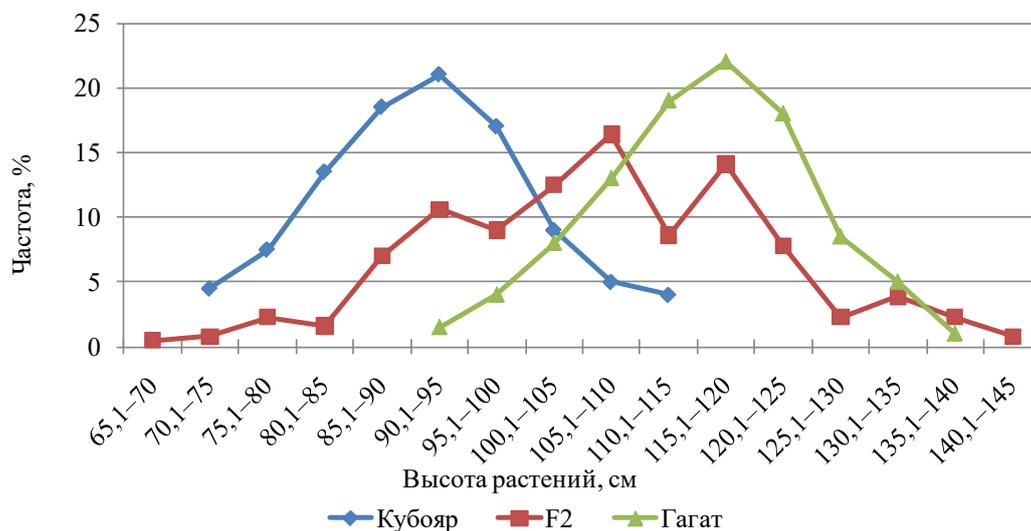


Рис. 1. Распределение частот признака «высота растений» у гибрида риса F<sub>2</sub> Кубояр × Гагат и его родительских форм

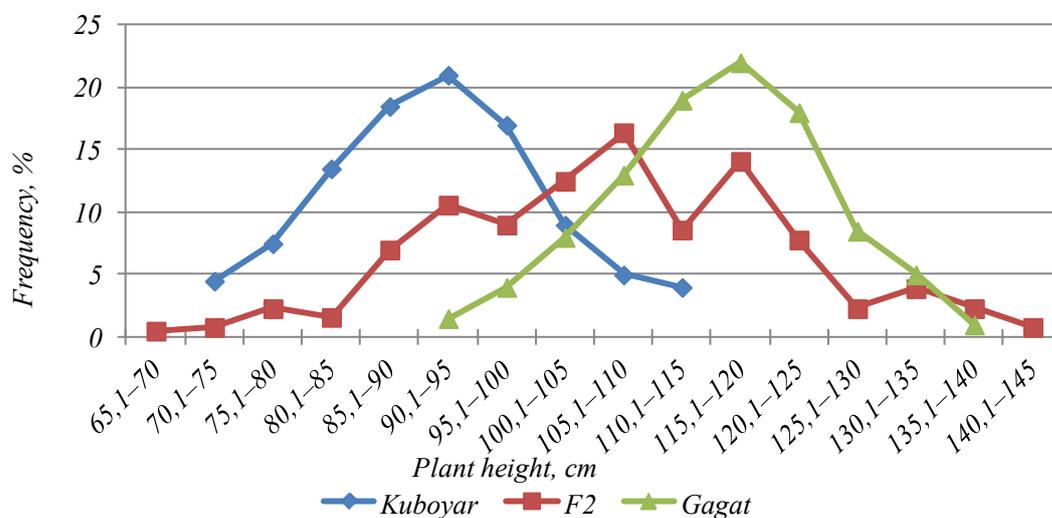


Fig. 1. Frequency distribution of the trait “plant height” in the hybrid of rice F<sub>2</sub> Kuboyar × Gagat and its parent forms

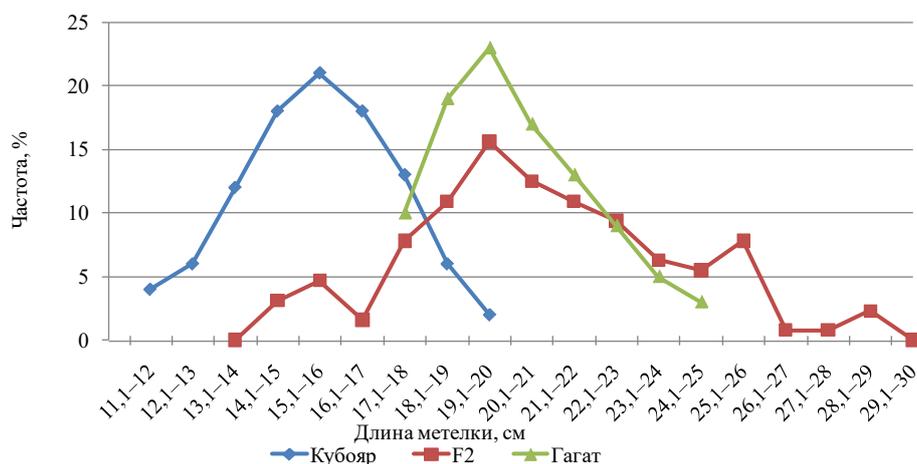


Рис. 2. Распределение частот признака «длина метелки» у гибрида риса F<sub>2</sub> Кубояр × Гагат и его родительских форм

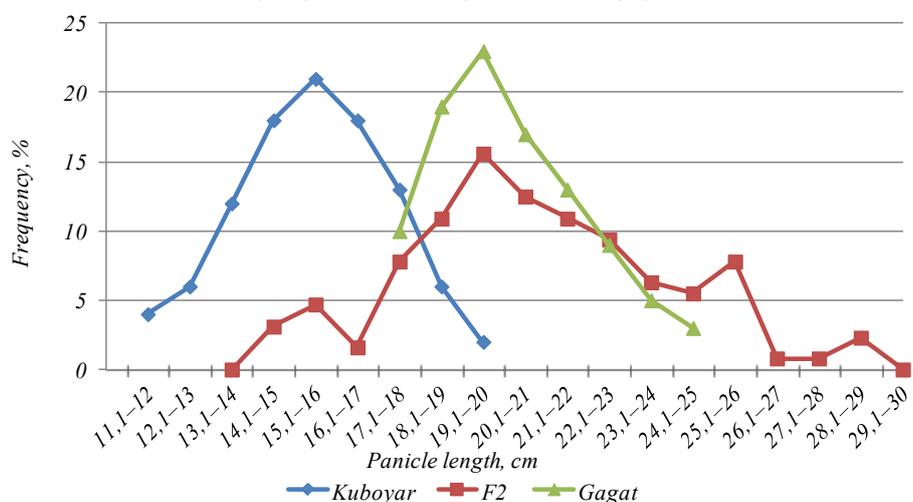


Fig. 2. Frequency distribution of the trait “panicle length” in the hybrid of rice F<sub>2</sub> Kuboyar × Gagat and its parent forms

### Результаты (Results)

Исходные родительские сорта Кубояр и Гагат немного отличались друг от друга по продолжительности вегетационного периода, Кубояр зацветал через 95 дней после появления всходов, Гагат на 5 дней позже – через 100 дней. Гибрид F<sub>1</sub> в 2018 г. был фоточувствительным и зацвел лишь в теплице через 187 дней после всходов (таблица 1).

Сравнение гибрида с родительскими сортами показало сверхдоминирование по вегетационному периоду ( $hp = 35,8$ ) и количеству колосков на метелке ( $hp = 14,4$ ), полное положительное доминирование по высоте растения ( $hp = 1,0$ ), неполное доминирование по длине метелки ( $hp = 0,8$ ), отсутствие доминирования по массе 1000 зерен ( $hp = 0,0$ ) и гибридную депрессию по фертильности ( $hp = -44,9$ ) (таблица 1). Несмотря на то, что в метелке гибрида сформировалось в среднем почти 200 колосков, в них завязалось в среднем всего 4,6 % семян. Это связано со структурными различиями хромосом подвидов *indica* и *japonica*, накопленными в процессе эволюции.

Гибридная популяция второго поколения показала широкий спектр изменчивости по количественным признакам растений.

По признаку «высота растений» родительские формы значительно различались, в среднем на 24,1 см (рис. 1).

У сорта Кубояр она составила в данном опыте 91,5 см, у сорта Гагат – 115,6 см, у гибрида – в среднем 107,4 см.

Кривая распределения частот (далее КРЧ) гибрида не много выходила за пределы изменчивости родительских форм, наблюдалось выщепление небольшого количества трансгрессивных форм.

Кривая распределения частот (КРЧ) F<sub>2</sub> имеет пять вершин, две из которых находятся в одних и тех же классах с родительскими вершинами, одна – посередине, а другие две смещены влево и вправо при частичном доминировании больших значений признака ( $hp = 0,32$ ). Анализ данных в программе «Полиген А» позволил установить, что исходные родительские формы различались по аллельному состоянию трех пар генов (aabbCC и AABVcc), рекомбинация которых привела к выщеплению 1/64 доли растений с длиной стебля 140–145 см, детерминированной шестью доминантными генами (AABVCC) и 1/64 – полкарликов высотой 65–70 см, несущих рецессивные аллели (aabbcc). Таким образом, появились трансгрессивные формы с меньшей и большей высотой, чем у родительских сортов. Расщепление происходило в соотношении 1:6:15:20:15:6:1. Из них растений типа Кубояр с двумя доминантными генами было 15/64, типа Гагат с четырьмя доминантными генами – тоже 15/64. Средняя сила каждого доминантного аллеля – 4 см.

Таблица 2

Характеристика лучших форм F<sub>2</sub> с антоциановой окраской перикарпа в комбинации Кубояр × Гагат, 2019 г.

Сорт	Высота растения, см	Длина метелки, см	Общее число колосков, шт.	Масса 1000 зерен, г	Длина зерна, мм	Ширина зерна, мм
Кубояр	92	14,9	141	28,6	8,4	3,4
Гагат	116	19,5	100	31,4	10,5	2,9
7	110	21,4	106	30,2	10,5	2,8
12	93	18,6	250	25,8	9,0	3,2
24	125	20,7	228	23,1	9,1	3,1
27	130	25,0	270	23,1	9,7	3,1
36	92	23,5	387	20,5	8,6	3,0
72	70	14,4	369	26,4	8,2	3,5
74	110	22,0	143	33,1	9,7	3,4
84	110	19,8	148	30,5	10,5	3,1
87	111	22,7	156	28,5	10,1	2,8
90	80	17,8	146	33,3	9,5	3,2
127	78	18,3	98	30,0	10,6	3,0
σ	14,3	3,1	80,8	4,1	0,8	0,2

Table 2

Characterization of the best forms of F<sub>2</sub> with anthocyanin color of the pericarp in a combination of Kuboyar × Gagat, 2019

Variety	Plant height, cm	Panicle length, cm	Number of spikelets, pcs.	Weight of 1000 grains, g	Grain length, mm	Grain width, mm
Kuboyar	92	14.9	141	28.6	8.4	3.4
Gagat	116	19.5	100	31.4	10.5	2.9
7	110	21.4	106	30.2	10.5	2.8
12	93	18.6	250	25.8	9.0	3.2
24	125	20.7	228	23.1	9.1	3.1
27	130	25.0	270	23.1	9.7	3.1
36	92	23.5	387	20.5	8.6	3.0
72	70	14.4	369	26.4	8.2	3.5
74	110	22.0	143	33.1	9.7	3.4
84	110	19.8	148	30.5	10.5	3.1
87	111	22.7	156	28.5	10.1	2.8
90	80	17.8	146	33.3	9.5	3.2
127	78	18.3	98	30.0	10.6	3.0
σ	14.3	3.1	80.8	4.1	0.8	0.2

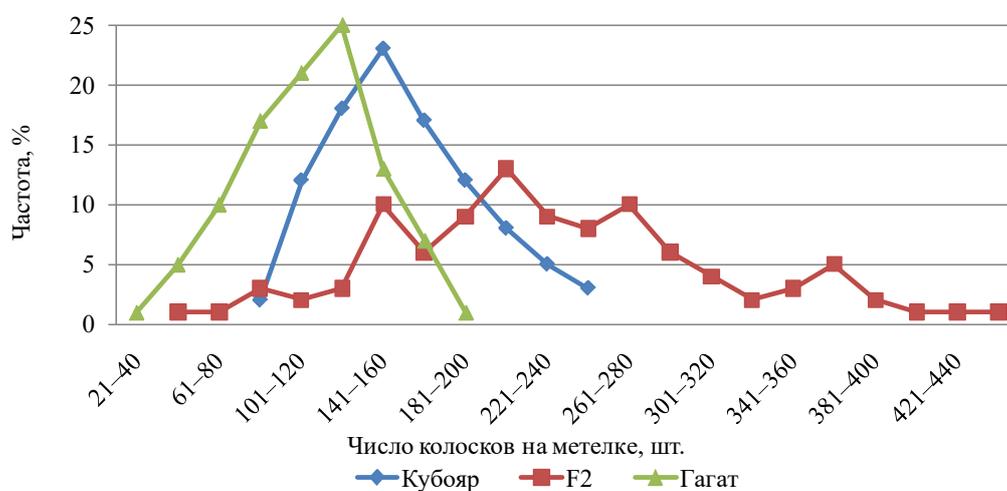


Рис. 3. Распределение частот признака «число колосков на метелке» у гибрида риса F<sub>2</sub> Кубояр × Гагат и его родительских форм

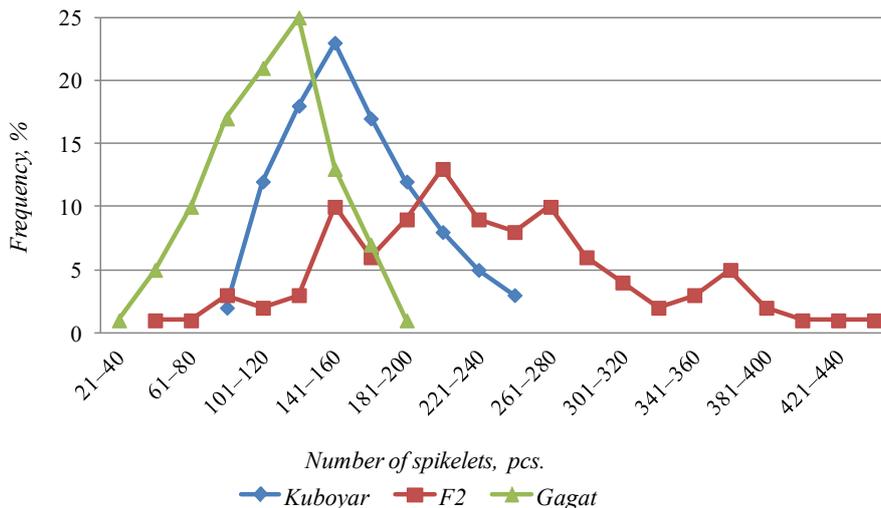


Fig. 3. Frequency distribution of the trait "number of spikelets" in the hybrid of rice F<sub>2</sub> Kuboyar × Gagat and its parent forms

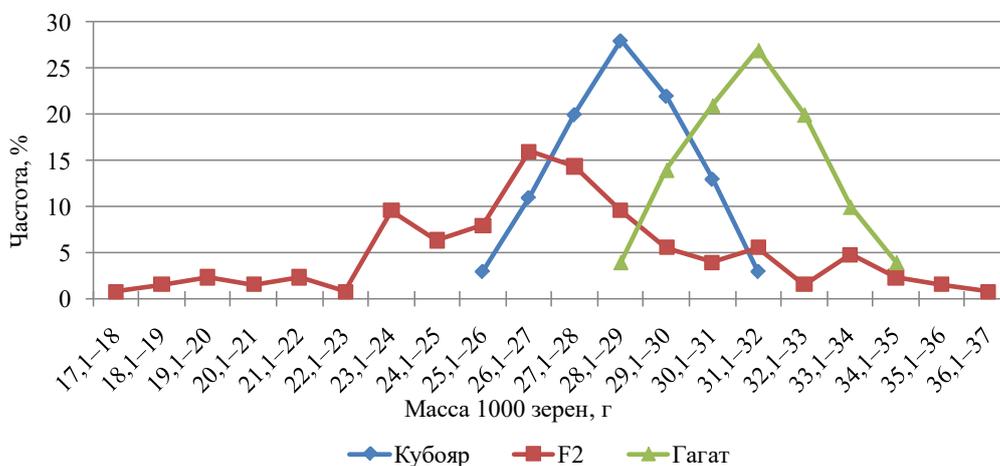


Рис. 4. Распределение частот признака «масса 1000 зерен» у гибрида риса F<sub>2</sub> Кубояр × Гагат и его родительских форм

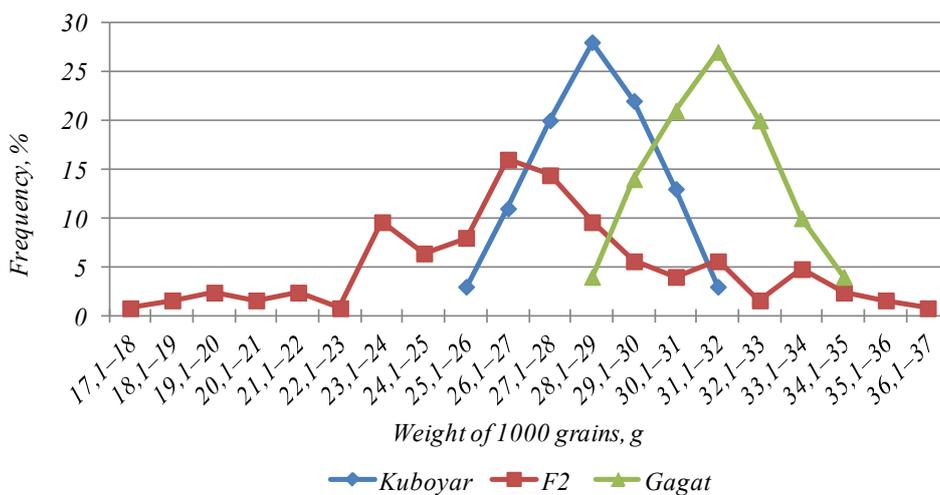


Fig. 4. Frequency distribution of the trait "weight of 1000 grains" in the hybrid of rice F<sub>2</sub> Kuboyar × Gagat and its parent forms

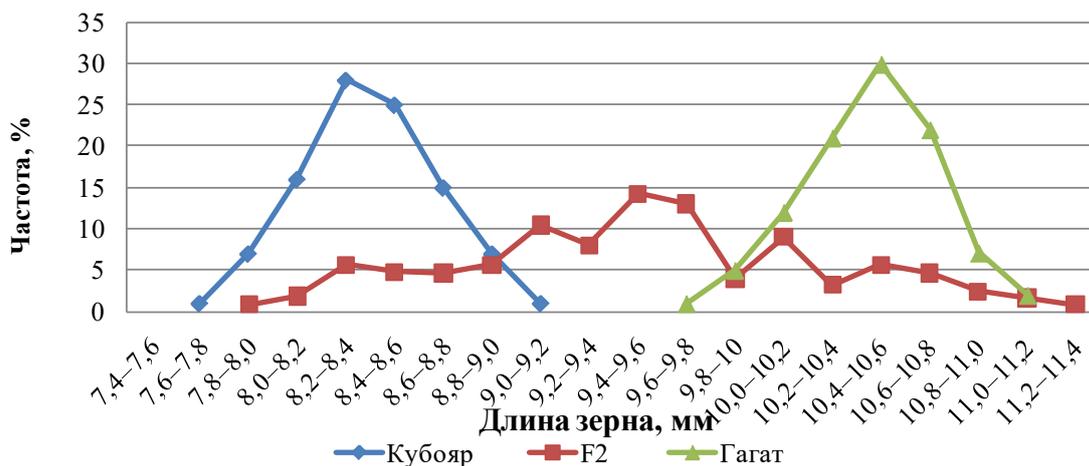


Рис. 5. Распределение частот признака «длина зерновки» у гибрида риса F<sub>2</sub> Кубояр × Гагат и его родительских форм

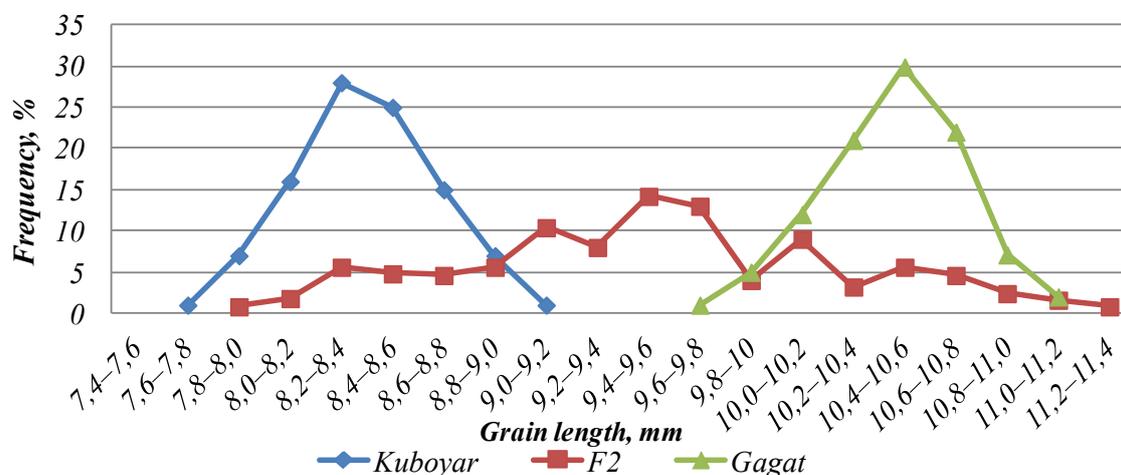


Fig. 5. Frequency distribution of the trait “grain length” in the hybrid of rice F<sub>2</sub> Kuboyar × Gagat and its parent forms

Длина метелки составила в среднем у Кубояра 14,9 см, у Гагата – 19,5 см, у гибрида – 20,3 см. Степень доминирования *hp* составила 1,36, т. е. наблюдалось сверхдоминирование.

КРЧ гибрида имела четырехвершинную конфигурацию и выходила вправо за пределы изменчивости родительского сорта Гагат, при этом большая вершина находилась посередине, в одном классе с вершиной его КРЧ (рис. 2). Установлены сверхдоминирование больших значений признака (*hp* = 1,36) и положительная трансгрессия, частота которой составила 11,7 %.

Различия между родителями больше, чем по одной паре генов. Отобрано в посев на F<sub>3</sub> 15 растений с длиной главной метелки от 25,2 до 28,8 см. Все они были высокорослыми с высотой растений 106–140 см. При этом длина метелки у гибрида среднеположительно коррелировала с высотой растений (*r* = 0,54) и антоциановой окраской цветковых чешуй (*r* = 0,50), но отрицательно – с фертильностью колосков (*r* = –0,40).

По признаку «число колосков на метелке» исходная родительская форма Гагат (100,2 шт.) уступала сорту Кубояр (141,4 шт.) на 41,2 шт., а их КРЧ находились в соседних классах (рис. 3). Среднее количество колосков на метелке у гибрида составило 233,4, варьируя от 44 до

458 шт. Степень доминирования составила 5,47, что свидетельствует о сверхдоминировании большей величины признака.

КРЧ гибрида существенно выходила вправо за пределы изменчивости родительских форм, наблюдалось выщепление большого числа форм с большим количеством колосков, что указывает на трансгрессивное расщепление.

К трансгрессивным генотипам при сегрегации гибридных популяций относятся такие, которые выходят за пределы изменчивости родительских сортов по величине признака в сторону как уменьшения, так и увеличения. Однако для селекционной работы чаще более значимы положительные трансгрессии, возникающие в результате рекомбинаций генов, контролирующих различные хозяйственные и биологические признаки [20, с. 27].

Степень трансгрессии по количеству колосков на метелке в наших исследованиях составила 47 %, частота – 25 %. В данном случае наблюдалось взаимодействие трех пар генов, причем у каждой родительской формы были и рецессивные, и доминантные аллели, но в разных локусах. Их перекомбинирование привело к проявлению гетерозиса и выщеплению форм с большим количеством колосков в метелке, которое определяется новыми соче-

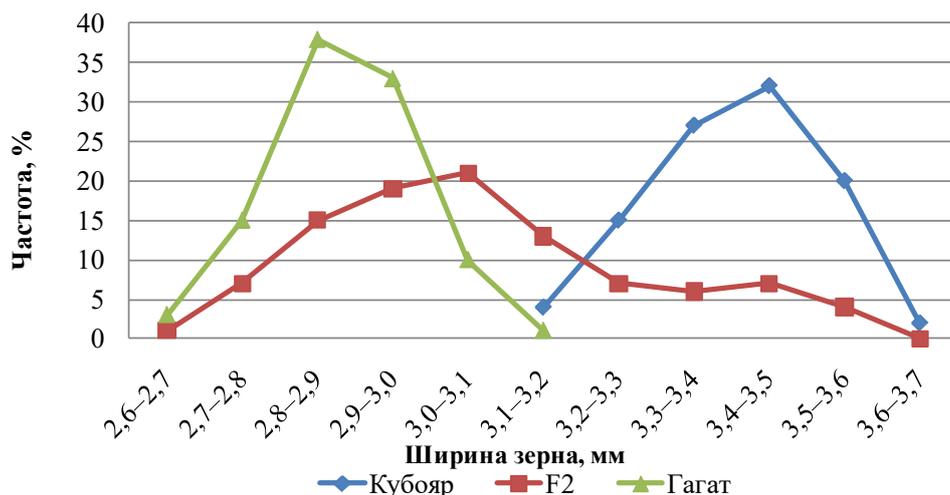


Рис. 6. Распределение частот признака «ширина зерновки» у гибрида риса F<sub>2</sub> Кубояр × Гагат и его родительских форм

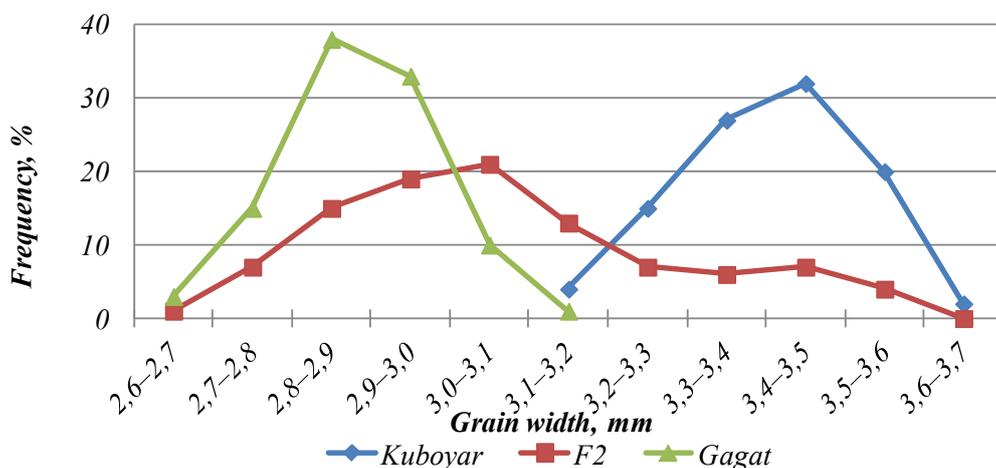


Fig. 6. Frequency distribution of the trait "grain width" in the hybrid of rice F<sub>2</sub> Kuboyar × Gagat and its parent forms

таниями аллелей генов. Расщепление происходило в отношении 1:6:15:20:15:6:1. У трех растений сформировались от 406 до 458 колосков в метелке.

Общее количество колосков в метелке положительно коррелировало с числом зерен на ней ( $r = 0,48$ ), числом пустых колосков ( $r = 0,72$ ), плотностью метелки ( $r = 0,92$ ), но отрицательно – с длиной зерновки ( $r = -0,33$ ).

По признаку «масса 1000 зерен» исходные родительские формы различались на 2,8 г. У Кубояра она составляла 28,6 г, у Гагата – 31,4 г (таблица 1). Масса 1000 зерен в F<sub>2</sub> варьировала в пределах от 17 до 37 г (в среднем 27,2 г). КРЧ гибрида была пятивершинной, почти симметричной (рис. 4). При этом преобладали классы с небольшой массой зерновки и наблюдалось отрицательное сверхдоминирование этого признака ( $h_p = -2,0$ ).

Расщепление было в соотношении 1:4:6:4:1, что можно объяснить наличием у родительских сортов в разных локусах доминантных аллелей с различной силой влияния на величину признака. От дигибридного скрещивания типа  $Aabb \times aaBB$  появилось много мелко- и среднезерных форм и 6,25 % относительно крупнозерных двойных рецессивов с генотипом  $aabb$ .

Взаимодействие различных аллелей генов привело к появлению трансгрессивных форм, причем отрицательных трансгрессий было выявлено больше, чем положительных, что вызвано также неполным наливанием зерновок у позднеспелых форм. Массу 1000 зерен меньше минимальных значений Кубояра в пределах 14,0–24,7 г показал 31 образец. Кроме локусов, контролирующих массу зерна, значительное влияние на этот признак оказывают гены продолжительности вегетационного периода. Имелись также положительные трансгрессии, выявлено 8 растений с массой 1000 зерен от 34 до 37 г.

По длине зерновки исходный родительский сорт Гагат (10,5 мм) значительно превосходил сорт Кубояр (8,4 мм) на 2,1 мм. У гибридов этот признак колебался от 7,5 до 12 мм, в среднем – 9,5 мм. КРЧ гибрида была пятивершинной и находилась в пределах изменчивости родительских форм, трансгрессивное расщепление отсутствовало (рис. 5). Расщепление произошло в соотношении 1:4:6:4:1. Доминирование отсутствовало ( $h_p = 0,05$ ). В данном случае наблюдалось взаимодействие двух пар генов, причем у одной родительской формы были только рецессивные, а у другой – доминантные аллели. Сила действия гена – 1,05 мм.

По ширине зерен родительские сорта различались на 0,5 мм, у Кубояра она составила 3,4 мм, у Гагата – 2,9 мм. Средняя ширина зерновки у гибрида F<sub>2</sub> оказалась 3,07 мм, варьируя в пределах изменчивости родительских сортов от 2,6 до 3,7 мм. КРЧ гибрида была двухвершинной, причем левая вершина оказалась самой высокой и находилась вблизи вершины сорта Гагат, правая – в одном классе с вершиной Кубояра (рис. 6). Наблюдались правосторонняя асимметрия и доминирование меньших значений признака ( $h_p = -0,32$ ). Расщепление происходило по моногибридной схеме в соотношении 3:1. В гибридной популяции выщепилось примерно 25 % особей с шириной зерновки, как у Кубояра, следовательно, он отличается от Гагата аллельным состоянием одной пары генов. Сила действия гена составила 0,5 мм.

В таблице 2 представлена характеристика выделенных форм F<sub>2</sub>, которые сочетают оптимальную высоту растения, имеют повышенную озерненность и массу 1000 зерен, а также черную окраску перикарпа. Эти формы были отобраны для посева третьего поколения в гибридном питомнике для дальнейшего изучения.

Их высота колебалась в пределах 70–130 см, длина метелки – 14,4–25,0 см, общее число колосков – 98–387 шт., масса 1000 зерен – 20,5–33,3 г, длина зерна – 8,2–10,6 мм, ширина зерна – 2,8–3,5 мм.

В третьем поколении продолжается отбор лучших в хозяйственно-биологическом отношении форм для последующего создания раннеспелых сортов риса с черным перикарпом зерновки.

#### Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Таким образом, в процессе генетического анализа гибрида Кубояр × Гагат были выявлены интересные закономерности. По высоте растения в первом поколении установлено полное положительное доминирование, во втором – частичное с положительными и отрицательными трансгрессиями, в результате чего в потомстве появилось 6,25% карликов и 6,25% - высокорослых растений.

По длине метелки в F<sub>1</sub> наблюдали неполное доминирование, а в F<sub>2</sub> – сверхдоминирование и положительную трансгрессию, в результате которой выщепились растения с длинными метелками до 30 см.

По числу колосков на метелке и в первом, и во втором поколении установлено сверхдоминирование и гетерозис. Трансгрессия была значительной, в F<sub>2</sub> появились формы, несущие до 440 колосков, тогда как у лучшего родительского сорта Кубояр максимум – 250 штук. Такие формы появились в результате рекомбинации трех пар генов, причем доминантные аллели дали максимальное проявление признака.

По признаку «масса 1000 зерен» установлены отсутствие доминирования в первом поколении и отрицательное сверхдоминирование – во втором, что связано с появлением значительного количества позднеспелых не полностью вызревших к уборке растений. Различия исходных родительских сортов по аллельному состоянию двух локусов привели к появлению как более мелкозерных форм, чем они, так и относительно крупнозерных (34–37 г).

Различия по длине зерновки определялись двумя генами, доминирование которых отсутствовало, т. е. наблюдалось промежуточное наследование.

По ширине зерен различия были по одной паре генов с неполным доминированием меньших значений признака. Трансгрессии отсутствовали.

Таким образом, различия между родительскими сортами определялись относительно малым количеством генов по каждому признаку, что позволяет выявить рекомбинантные формы с нужным для селекции сочетанием признаков из не очень больших по численности гибридных популяций.

Для дальнейшей селекционной работы отобраны формы F<sub>2</sub> с черной окраской перикарпа, сочетающие оптимальную высоту растения, длину метелки, повышенную озерненность и массу 1000 зерен.

#### Библиографический список

1. Kushwaha U. K. S. Black Rice: Research, History, and Development // *Advances in Plants & Agriculture Research*. 2016. No. XX. Pp. 21–47. DOI: 10.15406/apar.2016.05.00165.
2. Ciulu M., Cádiz-Gurrea M. L., Segura-Carretero A. Extraction and Analysis of Phenolic Compounds in Rice: A Review // *Molecules*. 2018. No. 23 (11). P. 2890. DOI: 10.3390/molecules23112890.
3. Гончарова Ю. К., Бушман Н. Ю., Верецагина С. А. Сорта риса с окрашенным перикарпом // *Рисоводство*. 2015. № 1–2 (26–27). С. 9–11.
4. Lei L., Zheng H. L., Wang J. G., Liu H. L., Sun J., Zhao H. W., Yang L. M., Zou D. T. Genetic dissection of rice (*Oryza sativa* L.) tiller, plant height, and grain yield based on QTL mapping and metaanalysis // *Euphytica*. 2018. V. 214. No. 109. Pp. 1–17.
5. Sasaki A., Ashikari M., Ueguchi-Tanaka M., Itoh H., Nishimura A., Swapan D., Ishiyama K., Saito T., Kobayashi M., Khush G. Green revolution: a mutant gibberellin-synthesis gene in rice // *Nature*. 2002. No. 416. Pp. 701–702.
6. Zhou L., Liu S., Wu W., Chen D., Zhan X., Zhu A., Zhang Y., Sheng S., Cao L., Lou X., Xu H. Dissection of genetic architecture of rice plant height and heading date by multiple-strategy-based association studies // *Scientific Reports*. 2016. No. 6. P. 29718.
7. Han Z., Hu W., Tan C., Xing Y. QTLs for heading data and plant height under multiple environments in rice // *Genetica*. 2017. No. 145. Pp. 67–77. DOI: 10.1007/s10709-016-9946-6.
8. Liu F., Wang P., Zhang X., Li X., Yan X., Fu D., Wu G. The genetic and molecular basis of crop height based on a rice model // *Planta*. 2018. No. 247. Pp. 1–26.
9. Zeng Y., Chen Y., Ji Zh., Liang Y., Zheng A., Wen Zh., Yang C. Control of plant height by 24 alleles at 12 quantitative trait loci in rice // *Crop Breeding and applied Biotechnology*. 2019. Vol. 19. No. 2. Pp. 200–207.

10. Liu E., Liu Y., Wu G., Zeng S., Thu G., Thi T. G. T., Liang L., Liang Y., Dong Z., She D., Wang H., Zaid I. U., Hong D. Identification of a candidate gene for panicle length in rice (*Oryza sativa* L.) via association and linkage analysis // *Frontiers in Plant Science*. 2016. Vol. 7. No. 596. Pp. 1–13. DOI: 10.3389/fpls.2016.00596.

11. Wang X., Liu G., Wang Zh., Chen S., Xiao Y., Yu Ch. Identification and application of major quantitative trait loci for panicle length in rice (*Oryza sativa*) through single-segment substitution lines // *Plant breeding*. 2019. Vol. 138 (3). Pp. 299–308. DOI: 10.1111/pbr.12687.

12. Niu X., Zhu Y., Sun Zh., Yu S., Zhuang J., Fan Y. Identification and validation of quantitative trait loci for grain number in rice (*Oryza sativa* L.) // *Agronomy*. 2020. Vol. 10. 180. DOI: 10.3390/agronomy10020180.

13. Sasaki K., Fujita D., Koide Y., Lumanglas P. D., Gannaban R. B., Tagle A. G., Obara M., Fukuta Y., Kobayashi N., Ishimaru T. Fine mapping of a quantitative trait locus for spikelet number per panicle in a new plant type rice and evaluation of a near-isogenic line for grain productivity // *Journal of Experimental Botany*. 2017. Vol. 68. Iss. 11. Pp. 2693–2702. DOI: 10.1093/jxb/erx128.

14. Susilowati M., Aswidinnoor H., Enggarini W., Trijatmiko K. R. Identification of a major quantitative trait locus for grain weight in rice using microsatellite marker // *Makara Journal of Science*. 2017. Vol. 21. No. 4. Pp. 155–162. DOI: 10.7454/mss.v21i4.6590.

15. Xu F. F., Jin L., Huang Y., Tong Ch., Chen Y. L., Bao J. S. Association mapping of quantitative trait loci for yield-related agronomic traits in rice (*Oryza sativa* L.) // *Journal of Integrative Agriculture*. 2016. No. 15 (10). Pp. 2192–2202. DOI: 10.1016/S2095-3119(15)61244-8.

16. Zeng Y., Ji Z., Wen Z., Liang Y., Yang C. Combination of eight alleles at four quantitative trait loci determines grain length in rice // *PLoS ONE*. 2016. No. 11. P. e0150832. DOI: 10.1371/journal.pone.0150832.

17. Sun P., Zheng Y., Li P., Ye H., Zhou H., Gao G., He Y. Dissection and validation of minor quantitative trait loci (QTLs) conferring grain size and weight in rice // *BioRxiv*. The preprint server for biology. 2019. Pp. 1–27. DOI: 10.1101/511139.

18. Yuan H., Qin P., Hu L., Zhan S., Wang S., Gao P., Li J., Jin M., Xu Z., Gao Q., Du A., Tu B., Chen W., Ma B., Wang Y., Li S. OsSPL18 controls grain weight and grain number in rice // *Journal of Genetics and Genomics*. 2019. No. 46. Pp. 41–51. DOI: 10.1016/j.jgg.2019.01.003.

19. Мережко А. Ф. Использование менделевских принципов в компьютерном анализе наследования варьирующих признаков // *Экологическая генетика культурных растений: материалы школы молодых ученых РАСХН, ВНИИ риса*. Краснодар, 2005. С. 107–117.

20. Орлюк А. П., Базалий В. В. Принципы трансгрессивной селекции пшеницы: монография. Херсон, 1998. 271 с.

#### Об авторах:

Павел Иванович Костылев<sup>1</sup>, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства риса, ORCID 0000-0002-4371-6848, AuthorID 162616; +7 918 561-11-53; p-kostylev@mail.ru

Елена Викторовна Краснова<sup>1</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства риса, ORCID 0000-0002-3392-4774, AuthorID 162618; +7 988 945-54-65, krasnovaelena67@mail.ru

Александр Владимирович Аксенов<sup>1</sup>, агроном лаборатории селекции и семеноводства риса, ORCID 0000-0002-6641-878X, AuthorID 1070975; +7 908 512-37-02, aleksandraksenov774@gmail.com

Эльвира Сергеевна Балукова<sup>1</sup>, лаборант-исследователь лаборатории селекции и семеноводства риса, ORCID 0000-0001-8976-2703, AuthorID 1071005; +7 905 428-89-87, ms.veprik@mail.ru

<sup>1</sup> Аграрный научный центр «Донской», Зерноград, Россия

## Analysis of the inheritance of quantitative traits in the rice hybrid Kuboyar × Gagat

P. I. Kostylev<sup>✉</sup>, E. V. Krasnova<sup>1</sup>, A. V. Aksenov<sup>1</sup>, E. S. Balyukova<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Agricultural Research Center “Donskoy”, Zernograd, Russia

✉ E-mail: p-kostylev@mail.ru

**Abstract.** Rice is one of the main food items in the world. White rice is mainly used, but there are also varieties with red, brown and black pericarp grains. This rice is much healthier. The article is devoted to the creation of new lines of rice with black pericarp. **The purpose** of the work is to study the inheritance of varying quantitative traits in an interspecific hybrid of rice Kuboyar × Gagat, with subsequent selection of isolated samples. **Methods.** Hybridization of these varieties was carried out in 2017. Mathematical processing of research data was performed Using the program Statistica 6. For genetic analysis, the program “Polygen A” was used by A. F. Merezhko (2005). The research was conducted in 2018–2019 on the basis of a Separate division “Proletarskoe” of the Rostov region. **Scientific novelty.** A genetic analysis of varying quantitative traits that affect the grain productivity of rice was performed, and a number of new patterns were established. **Results.** Inheritance of plant height in F<sub>2</sub> hybrids was based on the type of overdomination of large trait values. The parent forms differed in the allelic state of the two

pairs of genes. Along the length of the panicle, there was a partial negative dominance and monogenic differences in crossed varieties. According to the number of spikelets on the panicle, overdomination of a larger trait value and the interaction of two pairs of genes were established. By the mass of 1000 grains, partial dominance of large values of the trait and monogenic differences in the initial parent forms were established. There was no dominance in the length of the grain, and the parent forms differed by two pairs of genes. The grain width was dominated by smaller values of the trait, splitting was performed according to the monohybrid scheme. The selection of isolated samples forming a compact erect panicle and grains with a black pericarp was carried out for further selection work.

**Keywords:** rice, hybrid, inheritance, quantitative characteristics, plant height, panicle length, grain.

**For citation:** Kostylev P. I., Krasnova E. V., Aksenov A. V., Balyukova E. S. Analiz nasledovaniya kolichestvennykh priznakov u gibrida risa Kuboyar × Gagat [Analysis of the inheritance of quantitative traits in the rice hybrid Kuboyar × Gagat] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2020. No. 11 (202). Pp. 64–75. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-202-11-64-75. (In Russian.)

**Paper submitted:** 16.05.2020.

### References

1. Kushwaha U. K. S. Black Rice: Research, History, and Development // *Advances in Plants & Agriculture Research*. 2016. No. XX. Pp. 21–47. DOI: 10.15406/apar.2016.05.00165.
2. Ciulu M., Cádiz-Gurrea M. L., Segura-Carretero A. Extraction and Analysis of Phenolic Compounds in Rice: A Review // *Molecules*. 2018. No. 23 (11). P. 2890. DOI: 10.3390/molecules23112890.
3. Goncharova Yu. K., Bushman N. Yu., Vereshchagina S. A. Sorta risa s okrashennym perikarpom [Varieties of rice with colored pericarp] // *Risovodstvo*. 2015. No. 1–2 (26–27). Pp. 9–11. (In Russian.)
4. Lei L., Zheng H. L., Wang J. G., Liu H. L., Sun J., Zhao H. W., Yang L. M., Zou D. T. Genetic dissection of rice (*Oryza sativa* L.) tiller, plant height, and grain yield based on QTL mapping and metaanalysis // *Euphytica*. 2018. V. 214. No. 109. Pp. 1–17.
5. Sasaki A., Ashikari M., Ueguchi-Tanaka M., Itoh H., Nishimura A., Swapan D., Ishiyama K., Saito T., Kobayashi M., Khush G. Green revolution: a mutant gibberellin-synthesis gene in rice // *Nature*. 2002. No. 416. Pp. 701–702.
6. Zhou L., Liu S., Wu W., Chen D., Zhan X., Zhu A., Zhang Y., Sheng S., Cao L., Lou X., Xu H. Dissection of genetic architecture of rice plant height and heading date by multiple-strategy-based association studies // *Scientific Reports*. 2016. No. 6. P. 29718.
7. Han Z., Hu W., Tan C., Xing Y. QTLs for heading data and plant height under multiple environments in rice // *Genetica*. 2017. No. 145. Pp. 67–77. DOI: 10.1007/s10709-016-9946-6.
8. Liu F., Wang P., Zhang X., Li X., Yan X., Fu D., Wu G. The genetic and molecular basis of crop height based on a rice model // *Planta*. 2018. No. 247. Pp. 1–26.
9. Zeng Y., Chen Y., Ji Zh., Liang Y., Zheng A., Wen Zh., Yang C. Control of plant height by 24 alleles at 12 quantitative trait loci in rice // *Crop Breeding and applied Biotechnology*. 2019. Vol. 19. No. 2. Pp. 200–207.
10. Liu E., Liu Y., Wu G., Zeng S., Thu G., Thi T. G. T., Liang L., Liang Y., Dong Z., She D., Wang H., Zaid I. U., Hong D. Identification of a candidate gene for panicle length in rice (*Oryza sativa* L.) via association and linkage analysis // *Frontiers in Plant Science*. 2016. Vol. 7. No. 596. Pp. 1–13. DOI: 10.3389/fpls.2016.00596.
11. Wang X., Liu G., Wang Zh., Chen S., Xiao Y., Yu Ch. Identification and application of major quantitative trait loci for panicle length in rice (*Oryza sativa*) through single-segment substitution lines // *Plant breeding*. 2019. Vol. 138 (3). Pp. 299–308. DOI: 10.1111/pbr.12687.
12. Niu X., Zhu Y., Sun Zh., Yu S., Zhuang J., Fan Y. Identification and validation of quantitative trait loci for grain number in rice (*Oryza sativa* L.) // *Agronomy*. 2020. Vol. 10. 180. DOI: 10.3390/agronomy10020180.
13. Sasaki K., Fujita D., Koide Y., Lumanglas P. D., Gannaban R. B., Tagle A. G., Obara M., Fukuta Y., Kobayashi N., Ishimaru T. Fine mapping of a quantitative trait locus for spikelet number per panicle in a new plant type rice and evaluation of a near-isogenic line for grain productivity // *Journal of Experimental Botany*. 2017. Vol. 68. Iss. 11. Pp. 2693–2702. DOI: 10.1093/jxb/erx128.
14. Susilowati M., Aswidinnoor H., Enggarini W., Trijatmiko K. R. Identification of a major quantitative trait locus for grain weight in rice using microsatellite marker // *Makara Journal of Science*. 2017. Vol. 21. No. 4. Pp. 155–162. DOI: 10.7454/mss.v21i4.6590.
15. Xu F. F., Jin L., Huang Y., Tong Ch., Chen Y. L., Bao J. S. Association mapping of quantitative trait loci for yield-related agronomic traits in rice (*Oryza sativa* L.) // *Journal of Integrative Agriculture*. 2016. No. 15 (10). Pp. 2192–2202. DOI: 10.1016/S2095-3119(15)61244-8.
16. Zeng Y., Ji Z., Wen Z., Liang Y., Yang C. Combination of eight alleles at four quantitative trait loci determines grain length in rice // *PLoS ONE*. 2016. No. 11. P. e0150832. DOI: 10.1371/journal.pone.0150832.
17. Sun P., Zheng Y., Li P., Ye H., Zhou H., Gao G., He Y. Dissection and validation of minor quantitative trait loci (QTLs) conferring grain size and weight in rice // *BioRxiv*. The preprint server for biology. 2019. Pp. 1–27. DOI: <https://doi.org/10.1101/511139>.

18. Yuan H., Qin P., Hu L., Zhan S., Wang S., Gao P., Li J., Jin M., Xu Z., Gao Q., Du A., Tu B., Chen W., Ma B., Wang Y., Li S. OsSPL18 controls grain weight and grain number in rice // Journal of Genetics and Genomics. 2019. No. 46. Pp. 41–51. DOI: 10.1016/j.jgg.2019.01.003.

19. Merezhko A. F. Ispol'zovaniye mendelevskikh printsipov v komp'yuternom analize nasledovaniya var'iruyushchikh priznakov [The use of Mendeleev's principles in a computer analysis of the inheritance of varying characters] // Ekologicheskaya genetika kul'turnykh rasteniy: materialy shkoly molodykh uchenykh RASHN, VNII risa. Krasnodar, 2005. Pp. 107–117. (In Russian.)

20. Orlyuk A. P., Bazaliy V. V. Printsipy transgressivnoy selektsii pshenitsy: monografiya [Principles of transgressive wheat selection: monograph]. Kherson, 1998. 271 p. (In Russian.)

#### **Authors' information:**

Pavel I. Kostylev<sup>1</sup>, doctor of agricultural sciences, professor, chief researcher at the laboratory for rice breeding and seed production, ORCID 0000-0002-4371-6848, AuthorID 162616; +7 918 561-11-53, [p-kostylev@mail.ru](mailto:p-kostylev@mail.ru)

Elena V. Krasnova<sup>1</sup>, candidate of agricultural sciences, leading researcher at the laboratory for rice breeding and seed production, ORCID 0000-0002-3392-4774, AuthorID 162618; +7 988 945-54-65, [krasnoaelena67@mail.ru](mailto:krasnoaelena67@mail.ru)

Aleksandr V. Aksenov<sup>1</sup>, agronomist of the laboratory of rice breeding and seed production, ORCID 0000-0002-6641-878X, AuthorID 1070975; +7 908 512-37-02, [aleksandraksenov774@gmail.com](mailto:aleksandraksenov774@gmail.com)

Elvira S. Balyukova<sup>1</sup>, research laboratory assistant of the laboratory of rice breeding and seed production, ORCID 0000-0001-8976-2703, AuthorID 1071005; +7 905 428-89-87, [ms.veprik@mail.ru](mailto:ms.veprik@mail.ru)

<sup>1</sup> Agricultural Research Center “Donskoy”, Zernograd, Russia

## Особенности накопления биологически активных веществ в растениях *Elsholtzia stauntonii* Benth., выращиваемых в предгорной зоне Крыма

О. А. Пехова<sup>1</sup>✉, Л. А. Тимашева<sup>1</sup>, И. Л. Данилова<sup>1</sup>, И. В. Белова<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма, Симферополь, Россия

✉ E-mail: isocrimea@gmail.com

**Аннотация.** Цель исследований – изучить качество сырья *Elsholtzia stauntonii* Benth., выращенного в предгорной зоне Крыма, по содержанию эфирного масла и других видов БАВ для комплексного применения в качестве эфиромасличного, пищевого и лекарственного. **Методы.** Определение качества сырья *E. stauntonii* осуществляли по общепринятым методикам. **Результаты.** Определены особенности накопления эфирного масла в различных органах растения *E. stauntonii*. Показана вариабельность массовой доли эфирного масла, его компонентного состава и БАВ по фазам развития растений. Установлено, что основными маслосинтезирующими органами растений *E. stauntonii* являются листья и соцветия. Наибольшее количество эфирного масла было получено из соцветий – 1,82 %, которые во фракционном составе сырья составили 45,6 %. Максимальное количество эфирного масла с доминантными компонентами розфураном и розфуранэпоксидом накапливалось в растениях в фазу массового цветения (1,48 % на а. с. м.). Самый высокий уровень содержания БАВ – фенольных соединений – отмечен в фазы активного роста вегетативных и формирования генеративных органов растений (отрастание и бутонизация); экстрактивных веществ – в фазу отрастания. В процессе хранения воздушно-сухого сырья *E. stauntonii* в течение 2 лет происходят потери эфирного масла в результате его испарения (54,0 %) и изменение его компонентного состава (увеличение монотерпеновых производных фурана на 26,6 % и уменьшение сесквитерпеновых углеводов на 23,5 %). Хранить воздушно-сухое сырье данной культуры более 2 лет нецелесообразно из-за существенных потерь эфирного масла. **Научная новизна.** Впервые изучено качество сырья *E. stauntonii* сорта Розовое облако, выращенного в предгорной зоне Крыма. Сырье и эфирное масло *E. stauntonii* обладают широким спектром биологической активности и могут применяться в эфиромасличном и пищевом производствах, в медицине.

**Ключевые слова:** *Elsholtzia stauntonii* Benth., сырье, эфирное масло, биологически активные вещества, срок хранения.

**Для цитирования:** Пехова О. А., Тимашева Л. А., Данилова И. Л., Белова И. В. Особенности накопления биологически активных веществ в растениях *Elsholtzia stauntonii* Benth., выращиваемых в предгорной зоне Крыма // Аграрный вестник Урала. 2020. № 11 (202). С. 76–84. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-202-11-76-84.

**Дата поступления статьи:** 23.09.2020.

### Постановка проблемы (Introduction)

Эльсгольция Стаунтона (*Elsholtzia stauntonii* Benth.) – многолетний полукустарник семейства *Lamiaceae*, распространен в Восточной и Центральной Индии, Китае, Монголии, Японии, Индокитае, Западной Европе, Молдове, Украине, Закавказье, Краснодарском крае и в Крыму. В качестве дикорастущего растения встречается на Дальнем Востоке и в Сибири.

В условиях предгорного Крыма в культуре растения достигают высоты 85–103 см. Главный корень стержневой с боковыми ответвлениями, листья крупные, супротивные, удлинненно-овальные, с городчатыми краями (опадают в конце вегетации). Соцветия – полителический колосовидный тирс длиной 10–15 см, цветки мелкие, обоеполые, симметричные. Плод – орешек [1, с. 170–171]. Вегетация растений обычно начинается в конце марта. Активный рост растений наблюдается во второй половине июня – июле. В конце августа в верхней части главного

побега появляются боковые побеги и формируются соцветия. Массовое цветение растений наступает в первой декаде сентября, в конце сентября – октябре образуются плоды. Общий вид растений *E. stauntonii*, произрастающих на интродукционно-селекционном питомнике эфиромасличных и лекарственных растений (Крым, Белогорский район, с. Крымская Роза), представлен на рис. 1.

Наземная часть растений используется как эфиромасличное, пряно-ароматическое сырье и в народной медицине для лечения неврозов сердца, сердечной недостаточности, желудочно-кишечных заболеваний, респираторных инфекций и онкологий. По литературным данным, химический состав растений эльсгольции Стаунтона обширен и включает более 50 соединений, а именно флавоноиды, кумарины, лигнаноиды, тритерпеноиды, стероиды, алкалоиды, органические кислоты (в том числе розмариновую), дубильные вещества, витамины, аминокислоты, жирные кислоты, кумарины и эфирное масло [2, с. 51–57;



Рис. 1. Общий вид растений *E. stauntonii*  
Fig. 1. Plants of *E. stauntonii*

3, с. 233–235]. Сырье, эфирное масло и водно-спиртовые экстракты эльсгольции Стаунтона обладает широким спектром биологической активности: антимикробным, противовирусным, антифунгальным, противовоспалительным, антиоксидантным, диуретическим действиями [4, с. 806–813], [5, с. 407–412], [6, с. 553–554].

Фитохимия этого растения, выращиваемого в различных природно-климатических условиях России, исследована недостаточно [7, с. 87–92], [8, с. 239–244]. В Крыму изучение эльсгольции Стаунтона было проведено в различных агроклиматических районах [9, с. 90–94], [10], [11, с. 25–26]. Однако в предгорной зоне Крыма для растений эльсгольции Стаунтона не изучены вопросы накопления биологически активных веществ, в том числе и эфирных масел по фазам вегетации и органам растений. Отсутствуют литературные данные о влиянии условий и сроков хранения высушенного сырья на содержание и качество эфирного масла и других видов БАВ.

Цель исследований – изучить качество сырья *E. stauntonii* Benth. (выращенного в предгорной зоне Крыма) по содержанию эфирного масла и других видов БАВ для комплексного применения в качестве эфиромасличного, пищевого и лекарственного растения.

Эти районы отличаются как по почвенным условиям, так и по климатическим показателям. Сравнивали растения, в корневой зоне которых поддерживался постоянный режим влажности почвы (70–80 % от наименьшей влагоемкости) со дня их посадки с контрольными растениями при естественном увлажнении.

#### Методология и методы исследования (Methods)

Исследования проводились с 2017 по 2019 гг. в отделе переработки и стандартизации эфиромасличного сырья ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма». Материалом исследований служило свежесобранное и воздушно-сухое сырье *E. stauntonii* сорта Розовое облако [12, с. 260], выращенное на суходоле в с. Крымская Роза Белогорского района Республики Крым. Территория относится к одному из 5 агроклиматических районов Крыма – четвертому, верхнему, предгорному, теплему, недостаточно влажному; подрайон северный с

умеренно мягкой зимой. Климат района исследований умеренно континентальный. Максимальная температура воздуха составляет 37 °С; минимальная – минус 24 °С. Годовая сумма осадков колеблется в пределах от 293 мм до 986 мм, из них 59 % ливневых. В годы исследований количество осадков в период вегетации в среднем составляло 520 мм. Гидротермический коэффициент в среднем был равен 0,90, что свидетельствует об умеренно-засушливом характере агроклиматических условий в период вегетации.

Качественные характеристики свежесобранного и воздушно-сухого сырья (влажность, содержание экстрактивных веществ, эфирного масла, общих фенольных соединений, фенолкарбоновых кислот и флавоноидов, дубильных веществ) определяли по общепринятым методикам.

Компонентный состав эфирного масла эльсгольции Стаунтона определяли методом газовой хроматографии на приборе «Кристалл 2000М» сразу после его извлечения из сырья. Для идентификации и полного разделения основных компонентов эфирного масла были подобраны следующие условия хроматографирования: колонка капиллярная кварцевая длиной 60 м с внутренним диаметром 0,32 мм, неподвижная фаза CR-WAXms (полиэтиленгликоль в золь-гель матрице). Температура термостата колонки программировалась в следующем режиме: 80 °С продолжительностью 1 мин., далее программирование со скоростью 5 °С/мин до 220 °С. Давление на входе в колонку было 100 кПа, далее со скоростью 0,20 кПа/мин до 120,0 кПа, деление потока газа-носителя – 1/70. Газ-носитель – азот.

Идентификацию основных компонентов эфирного масла эльсгольции Стаунтона проводили путем сравнения времени удерживания пиков стандартных веществ, массовую долю которых определяли методом нормализации, основанном на расчете отношения параметра пика данного компонента к сумме параметров всех компонентов. Повторность определения содержания БАВ в сырье трехкратная. Математическую обработку данных исследований проводили с использованием статистических методов.

#### Результаты (Results)

В настоящее время нет однозначного ответа на ряд вопросов, которые стоят перед учеными и практиками, занимающимися изучением эфиромасличных растений, их выращиванием и переработкой. Это обусловлено, прежде всего, тем, что состав эфирных масел и других БАВ в растениях под влиянием различных факторов может существенно изменяться. На содержание и компонентный состав БАВ влияют различные абиотические и биотические факторы региона выращивания эфирносов (температура воздуха, осадки, освещенность, состав почвы, болезни и вредители растений), а также фаза онтогенеза растений, способ переработки сырья, условия его сушки и хранения.

Одним из вопросов, стоящих при изучении эфиромасличных растений, является исследование динамики накопления эфирных масел в течение вегетационного периода. Литературные данные по накоплению эфирных масел в растениях подтверждают, что его содержание значительно изменяется в процессе онтогенеза. Для многих видов эфиромасличных растений различных семейств установлена

видоспецифичность по показателю содержания эфирного масла [13, с. 72–75].

Знание динамики накопления эфирного масла, изменения его химического состава в процессе развития растения дает возможность установить оптимальные сроки уборки сырья с наибольшим выходом и характерным качеством эфирного масла.

Структурный анализ растений *E. stauntonii*, выращенных в предгорной зоне Крыма, показал, что над-

земная часть растений состоит из следующих фракций: листья (26,1–55,6 %), стебли (23,1–44,4 %) и соцветия (19,8–45,6 %). Соотношение фракций по фазам вегетации меняется. Так, фракция «листья» уменьшается к концу фазы цветения в 2,1 раза от 55,6 % в фазу отрастания до 26,1 % в фазу окончания цветения вследствие их засыхания и опадания (таблица 1).

Таблица 1

**Динамика накопления эфирного масла в различных органах растений *E. stauntonii* по фазам вегетации, 2017–2019 гг.**

Фаза вегетации растений	Органы растений	Фракционный состав, %	Массовая доля, % m/m	
			Влаги	Эфирного масла (на а. с. м.)
Отрастание	Листья	55,6 ± 3,8	74,3 ± 0,5	0,73 ± 0,03
	Стебли	44,4 ± 2,6	72,0 ± 0,5	Следы
	Целое	100,0 ± 0,0	74,1 ± 0,5	0,59 ± 0,03
Бутонизация	Листья	51,9 ± 3,5	67,3 ± 0,4	0,86 ± 0,04
	Стебли	28,3 ± 2,3	60,5 ± 0,3	Следы
	Соцветия	19,8 ± 0,8	68,8 ± 0,4	1,19 ± 0,05
	Целое	100,0 ± 0,0	65,9 ± 0,4	0,87 ± 0,04
Начало цветения	Листья	48,8 ± 3,6	65,4 ± 0,4	0,99 ± 0,05
	Стебли	24,5 ± 2,5	54,8 ± 0,3	Следы
	Соцветия	26,7 ± 2,0	66,5 ± 0,4	1,38 ± 0,06
	Целое	100,0 ± 0,0	65,3 ± 0,4	1,05 ± 0,06
Массовое цветение	Листья	31,3 ± 3,0	61,8 ± 0,4	1,11 ± 0,06
	Стебли	23,1 ± 2,2	52,5 ± 0,3	Следы
	Соцветия	45,6 ± 4,0	70,5 ± 0,5	1,82 ± 0,07
	Целое	100,0 ± 0,0	65,0 ± 0,4	1,48 ± 0,06
Окончание цветения	Листья	26,1 ± 2,5	60,0 ± 0,4	0,55 ± 0,04
	Стебли	29,0 ± 3,0	46,2 ± 0,3	Следы
	Соцветия	44,9 ± 3,4	65,7 ± 0,4	1,16 ± 0,05
	Целое	100,0 ± 0,0	56,8 ± 0,4	1,09 ± 0,04
НСР <sub>05</sub> (целое растение)				0,20
НСР <sub>05</sub> (листья)				0,09
НСР <sub>05</sub> (соцветия)				0,15

Table 1

**The dynamics of the accumulation of essential oil in various organs of *E. stauntonii* depending on the growth stage, 2017–2019**

Plant growth stage	Plant organs	Fractional composition, %	Mass fraction, % m/m	
			Moisture	Essential oil (in terms of absolutely dry weight)
Regrowth	Leaves	55.6 ± 3.8	74.3 ± 0.5	0.73 ± 0.03
	Stems	44.4 ± 2.6	72.0 ± 0.5	Traces
	Whole plant	100.0 ± 0.0	74.1 ± 0.5	0.59 ± 0.03
Bud formation	Leaves	51.9 ± 3.5	67.3 ± 0.4	0.86 ± 0.04
	Stems	28.3 ± 2.3	60.5 ± 0.3	Traces
	Inflorescences	19.8 ± 0.8	68.8 ± 0.4	1.19 ± 0.05
	Whole plant	100.0 ± 0.0	65.9 ± 0.4	0.87 ± 0.04
Early flowering	Leaves	48.8 ± 3.6	65.4 ± 0.4	0.99 ± 0.05
	Stems	24.5 ± 2.5	54.8 ± 0.3	Traces
	Inflorescences	26.7 ± 2.0	66.5 ± 0.4	1.38 ± 0.06
	Whole plant	100.0 ± 0.0	65.3 ± 0.4	1.05 ± 0.06
Mass flowering	Leaves	31.3 ± 3.0	61.8 ± 0.4	1.11 ± 0.06
	Stems	23.1 ± 2.2	52.5 ± 0.3	Traces
	Inflorescences	45.6 ± 4.0	70.5 ± 0.5	1.82 ± 0.07
	Whole plant	100.0 ± 0.0	65.0 ± 0.4	1.48 ± 0.06
End of flowering	Leaves	26.1 ± 2.5	6.0 ± 0.4	0.55 ± 0.04
	Stems	29.0 ± 3.0	46.2 ± 0.3	Traces
	Inflorescences	44.9 ± 3.4	65.7 ± 0.4	1.16 ± 0.05
	Whole plant	100.0 ± 0.0	56.8 ± 0.4	1.09 ± 0.04
LSD <sub>05</sub> (whole plant)				0.20
LSD <sub>05</sub> (leaves)				0.09
LSD <sub>05</sub> (inflorescences)				0.15

Исследованиями установлено, что содержание эфирного масла в растениях колебалось в течение вегетационного периода в среднем от 0,59 % до 1,48 % на абсолютно сухую массу (на а. с. м.).

В целых растениях максимальное содержание эфирного масла было отмечено в фазу массового цветения и составило 1,48 % на а. с. м. В эту же фазу в соцветиях и листьях также был отмечен максимум содержания эфирного масла: 1,82 % и 1,11 % соответственно. В сырье *E. stauntonii* стебли являлись балластом, так как не содержали эфирного масла.

Методом газожидкостной хроматографии был определен компонентный состав эфирного масла *E. stauntonii* по органам растений и фазам вегетации. Результаты исследований представлены в таблице 2.

Эфирное масло *E. stauntonii* содержало 43 компонента, из них идентифицирован 31. По массовой доле в эфирном масле эльгольдии Стаунтона преобладали монотерпеновые производные фурана (розфуран и его оксид – розфуранэпоксид), которые являются кислородсодержащими гетероциклическими соединениями. Сумма их в целом растении в течение вегетации варьировала незначительно от 65,61 % до 72,08 %. Благодаря высокой доле этих компонентов эфирное масло *E. stauntonii* проявляет антибактериальную активность по отношению к патогенным микроорганизмам: *Staphelococcus aureus*, *Bactericum mesentericus*, *Escherichia coli*, *Proteus vulgaris* и *Pseudomonas auruginosa* [6, с. 553–554], [4, с. 806–813]. Антибактериальная активность эфирного масла приобретает особое значение в связи с использованием его в качестве ароматизатора для пищевых продуктов.

Таблица 2  
Химический состав эфирного масла *E. stauntonii* в различных органах растений по фазам вегетации (%), 2017–2019 гг.

Фаза вегетации растений	Органы растений	Терпеновые углеводороды (моно/сескви)	Монотерпеновые производные фурана		Терпеновые спирты
			Всего	Розфуран/розфуранэпоксид	
Отрастание	Листья	2,48/5,13	74,91	38,48/36,43	3,23
	Целое	0,97/4,26	65,61	35,47/30,14	0,98
Бутонизация	Листья	1,68/4,56	73,50	40,00/33,50	5,61
	Соцветия	2,18/6,20	66,76	40,31/26,45	7,59
	Целое	2,13/4,57	72,06	42,12/29,94	6,59
Начало цветения	Листья	3,15/8,02	70,43	57,00/13,43	4,86
	Соцветия	1,71/7,76	75,92	51,20/24,72	3,17
	Целое	3,04/7,18	72,08	48,82/23,26	3,44
Массовое цветение	Листья	2,58/6,80	68,87	54,49/14,38	2,69
	Соцветия	3,12/2,44	75,16	47,88/27,28	4,25
	Целое	2,67/2,89	70,95	47,42/23,23	3,24
Окончание цветения	Листья	3,50/6,01	60,26	47,72/12,54	3,01
	Соцветия	2,65/5,68	71,66	44,89/26,77	2,31
	Целое	3,10/5,93	68,73	49,17/19,56	2,86

Table 2  
Chemical composition of *E. stauntonii* essential oil obtained from various organs depending on the growth stage (%), 2017–2019

Plant growth stage	Plant organs	Terpene hydrocarbons (monoterpenes/sesquiterpenes)	Furan monoterpene derivatives		Terpene alcohols
			Total	Rosefuran/rosefuranepoxide	
Regrowth	Leaves	2.48/5.13	74.91	38.48/36.43	3.23
	Whole plant	0.97/4.26	65.61	35.47/30.14	0.98
Bud formation	Leaves	1.68/4.56	73.50	40.00/33.50	5.61
	Inflorescences	2.18/6.20	66.76	40.31/26.45	7.59
	Whole plant	2.13/4.57	72.06	42.12/29.94	6.59
Early flowering	Leaves	3.15/8.02	70.43	57.00/13.43	4.86
	Inflorescences	1.71/7.76	75.92	51.20/24.72	3.17
	Whole plant	3.04/7.18	72.08	48.82/23.26	3.44
Mass flowering	Leaves	2.58/6.80	68.87	54.49/14.38	2.69
	Inflorescences	3.12/2.44	75.16	47.88/27.28	4.25
	Whole plant	2.67/2.89	70.95	47.42/23.23	3.24
End of flowering	Leaves	3.50/6.01	60.26	47.72/12.54	3.01
	Inflorescences	2.65/5.68	71.66	44.89/26.77	2.31
	Whole plant	3.10/5.93	68.73	49.17/19.56	2.86

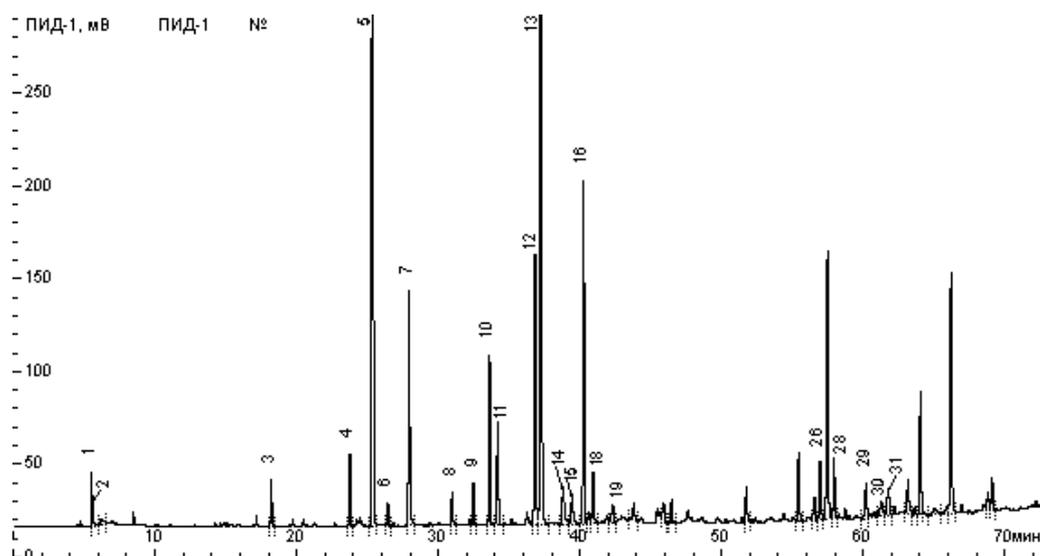


Рис. 2. Хроматограмма эфирного масла *E. stauntonii* на полярной капиллярной колонке в фазу массового цветения, 2018 г.  
 1 - октен-3-ол; 2 - октанон-3; 3 - пара-цимен; 4 - сабинен; 5 - розфуран; 6 - камфен; 7 - линалоол; 8 -  $\gamma$ -терпинен; 9 - камфора;  
 10 - ацетофенон; 11 - артемизиякетон; 12 -  $\beta$ -кариофиллен; 13 - розфуранэпоксид; 14 -  $\alpha$ -хумулен; 15 - пиран;  
 16 - терпинен 1-ол; 18 - эвгенол; 19 -  $\alpha$ -гумулен; 26 - гермакрен D; 28 - кариофилленоксид; 29 - спатуленол;  
 30 - артемизия кетон; 31 - гумуленэпоксид

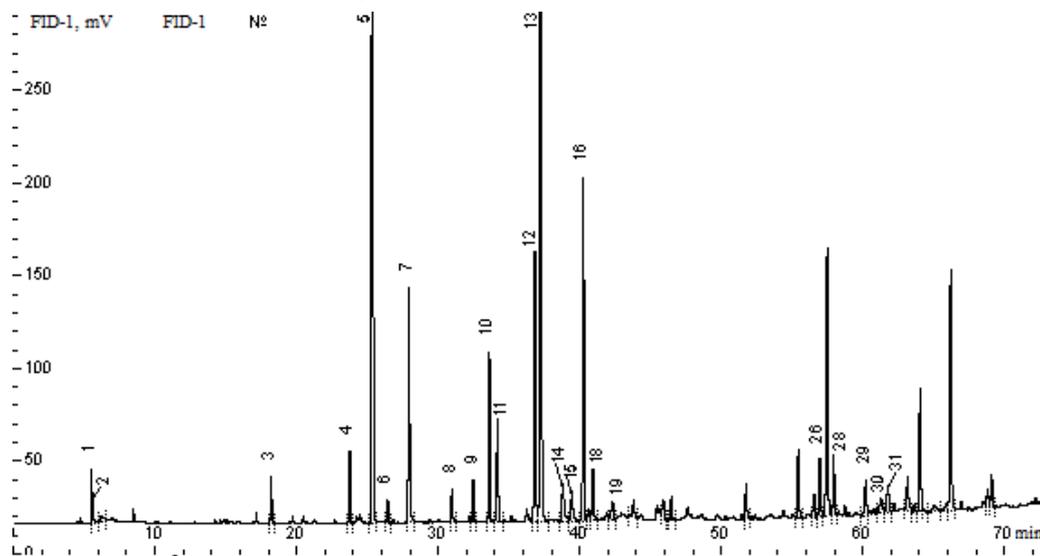


Fig. 2. Chromatogram of *E. stauntonii* essential oil on a polar capillary column in the stage of mass flowering, 2018  
 1 - okten-3-ol; 2 - oktanon-3; 3 - para-cymene; 4 - sabinene; 5 - rosefuran; 6 - camphene; 7 - linalool; 8 -  $\gamma$ -terpinene; 9 - camphora;  
 10 - acetophenone; 11 - artemisia ketone; 12 -  $\beta$ -caryophyllene; 13 - rosefuran epoxide; 14 -  $\alpha$ -humulene; 15 - pyran; 16 - terpinen 1-ol;  
 18 - eugenol; 19 -  $\alpha$ -humulene; 26 - germacrene D; 28 - caryophyllene oxide; 29 - spathulenol; 30 - artemisia ketone;  
 31 - humulene epoxide

В эфирном масле также содержатся терпеновые спирты ( $\beta$ -спатуленол, кариофилленол и линалоол), массовая доля которых колебалась в пределах от 0,98 % до 6,59 %, а также терпеновые углеводороды: монотерпены ( $\alpha$ -пинен,  $\beta$ -пинен, камфен, сабинен,  $\gamma$ -терпинен) и сесквитерпены ( $\beta$ -кариофиллен,  $\alpha$ -гумулен и гермакрен D) содержание которых составило соответственно 0,97–3,10% и 2,44–8,02%.

Типичная хроматограмма эфирного масла *E. stauntonii* полученного из свежесобранного сырья в фазу массового цветения представлена на рис. 2.

Отмечено, что в предгорной зоне Крыма все органы растений *E. stauntonii* синтезировали одинаковый набор терпеновых соединений, однако в различном количественном соотношении. Так, например, в листьях в фазы начала и массового цветения синтезируется розфуран на уровне 54,49–57,00 %, а розфуранэпоксид – на уровне

13,43–14,38 % а у соцветий в эти фазы соответственно 47,88–51,20 % и 24,72–27,28 %. Наблюдается увеличение содержания в эфирном масле *E. stauntonii* основного компонента розфурана и уменьшение его производного розфуранэпоксид в фазу цветения по сравнению с фазами отрастания и бутонизации. Про этом улучшаются органолептические показатели качества эфирного масла. Неодинаковый компонентный состав эфирного масла, полученного из различных органов растений, отмечен и у других видов рода эльсгольция [14, с. 625, с. 629–633].

Данные по компонентному составу эфирного масла *E. stauntonii* согласуются с литературными данными и характеристиками сорта Розовое облако, выращиваемого в разных агроклиматических районах Крыма [11, с. 25–26], [15, с. 172–176], [16, с. 36–38].

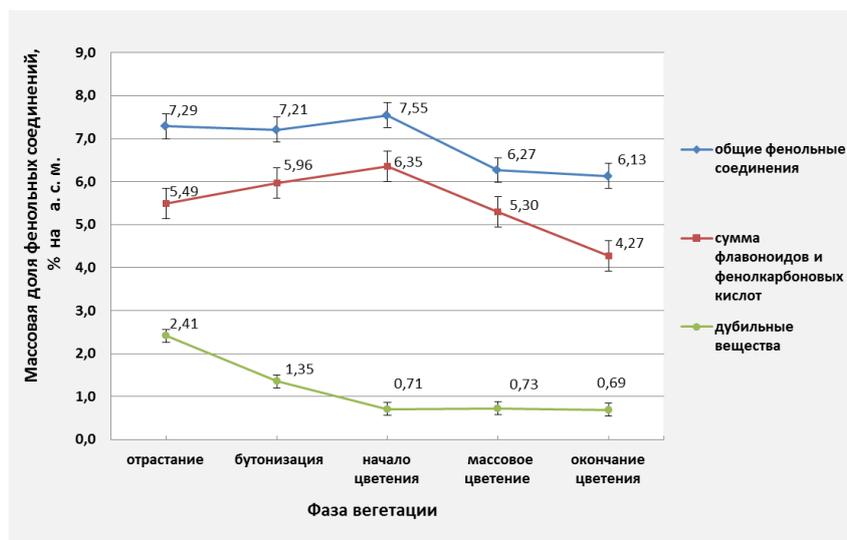


Рис. 3. Биохимические показатели качества воздушно-сухого сырья *E. stauntonii* по фазам вегетации растений, среднее за 2017–2019 гг.

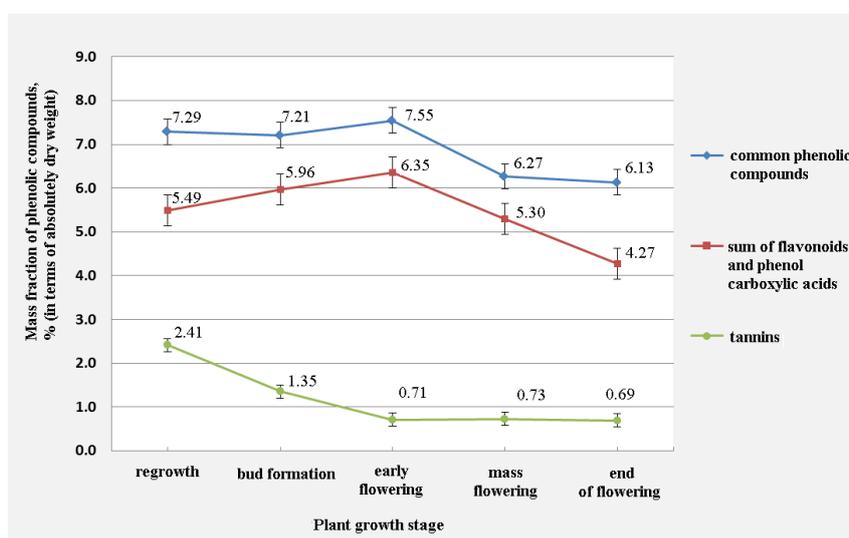


Fig. 3. Biochemical indicators of the quality of air-dry raw materials of *E. stauntonii* depending on the growth stage, average for 2017–2019

Эфирное масло *E. stauntonii*, полученное способом гидродистилляции, представляло собой легкоподвижную прозрачную жидкость желто-оранжевого цвета. По запаху эфирное масло относится к фруктово-бальзамическому типу с нотами сухофруктов. Относительная плотность эфирного масла была на уровне 0,901–0,906, а показатель преломления – 1,4980–1,4985. Эфирное масло после 2 месяцев хранения при температуре от +3 °C до +7 °C загустело и приобрело коричневатую окраску, что объясняется большим содержанием в эфирном масле производных фурана, склонных к полимеризации и осмолению.

С целью оценки сырья *E. stauntonii* в качестве лекарственного было проведено определение содержания биологически активных веществ в воздушно-сухом сырье, убранным в разные фазы вегетации в 2017–2019 гг. Установлено, что количество экстрактивных веществ, извлекаемых 70 % водно-спиртовым раствором из воздушно-сухого сырья, находилось в пределах от 28,40 до 33,87 % на а. с. м.

Массовая доля общих фенольных соединений в течение вегетационного периода колебалась от 6,13 до 7,55 %, в т. ч. суммы флавоноидов и фенолкарбоновых кислот 4,27–6,35 %, дубильных веществ 0,69–2,41 % (рис. 3). Отмечено, что наибольшее количество фенольных соединений синтезировалось в период активного роста растений и формирования генеративных органов, а экстрактивных веществ – в фазу отрастания. Максимальное содержание дубильных веществ также отмечено в фазу отрастания (2,41 %).

При изучении влияния продолжительности хранения воздушно-сухого сырья *E. stauntonii* в течение двух лет на содержание и химический состав эфирного масла установлено, что за этот период произошла потеря эфирного масла от 33,9 (сырье, убранное в фазу отрастания) до 53,7 % (сырье, убранное в фазу окончания цветения). Изменился и качественный состав эфирного масла: уменьшилось содержание терпеновых спиртов на 1,6–4,1 %, сесквитерпеновых углеводов – на 17,4–23,5 %, увеличилось содержание монотерпеновых производных фурана на 9,3–26,6 %.

**Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)**

Проведенные исследования показали, что предгорная зона Крыма наряду с Центральным равнинно-степным и Центральным южнобережным районами Крыма является благоприятной для выращивания растений эльсгольции. Растения проходят все фазы вегетации – с апреля по октябрь. Продуктивность растений сорта Розовое облако составляла в среднем за годы исследований 1,53 кг/м<sup>2</sup>.

В результате проведенных исследований определены особенности накопления эфирного масла в различных органах растения *E. stauntonii* в разные фазы вегетации, показана вариабельность массовой доли эфирного масла, его компонентного состава и БАВ (экстрактивные вещества, общие фенольные соединения, сумма флавоноидов и фенолкарбоновых кислот, дубильные вещества).

Установлено, что основными маслосинтезирующими органами растений эльсгольции являются листья и соцветия. Наибольшее количество эфирного масла было получено из соцветий *E. stauntonii* – 1,82 %, которые во фракционном составе сырья составили 45,6 %. Максимальное количество эфирного масла характерного качества накапливалось в растениях в фазу массового цветения (1,48 % на а. с. м.). Доминантными компонентами эфирного масла являлись монотерпеновые производные фурана: розфуран и розфуранэпоксид.

В качестве технического сырья следует использовать верхнюю облиственную часть годичного прироста растений с соцветиями, убранную в фазу массового цветения.

Самый высокий уровень содержания фенольных соединений отмечен в фазы активного роста вегетативных и формирования генеративных органов растений (отрастание и бутонизация); экстрактивных и дубильных веществ – в фазу отрастания.

Определено, что в процессе хранения воздушно-сухого сырья эльсгольции Стаунтона в течение двух лет происходят потери эфирного масла в результате его испарения (54,0 %) и изменение его компонентного состава (увеличение монотерпеновых производных фурана на 26,6 % и уменьшение сесквитерпеновых углеводородов на 23,5 %). Следовательно, хранить воздушно-сухое сырье данной культуры более двух лет нецелесообразно из-за существенных потерь эфирного масла.

Таким образом, сырье и эфирное масло *E. stauntonii*, выращиваемой в предгорной зоне Крыма, обладают широким спектром биологической активности и могут применяться в эфиромасличном и пищевом производствах, в медицине. Исследования предполагается продолжить с целью изучения практического применения различных групп БАВ *E. stauntonii* в виде биодобавок в пищевой индустрии, медицине, фармации и ветеринарии.

**Библиографический список**

1. Марко Н. В., Логвиненко Л. А., Шевчук О. М., Феськов С. А. Аннотированный каталог ароматических и лекарственных растений коллекции Никитского ботанического сада. Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2018. С. 170–171.
2. Зоценко Л. О., Цуркан О. О. Амінокислотний склад надземних органів *Elsholtzia Stauntonii* Benth. // Збірник наукових праць співробітників НМАПО ім. П. Л. Шупика. 2017. Вип. 28. С. 51–57.
3. Паштецкий В. С., Невкрытая Н. В., Мишнев А. В., Назаренко Л. Г. Эфиромасличная отрасль Крыма. Вчера, сегодня, завтра: 2-е изд., доп. Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2018. С. 233–235.
4. Barua S. C., Yasmin N., Buragohain L. *Elsholtzia communis*: A Review of its Traditional Uses, Pharmacological Activity and Phytochemical Compounds // *EC Pharmacology and Toxicology*, 2018. Vol. 6. Iss. 9. Pp. 806–813.
5. Kuzmin O., Kucherenko V., Sylka I., Isaienko V., Furmanova Yu., Pavliuchenko O., Hubenia V. Antioxidant capacity of alcoholic beverages based on infusions from non-traditional spicy-aromatic vegetable raw materials // *Ukrainian Food Journal*. 2020. Vol. 9. Iss. 2. Pp. 407–412.
6. Phetsang S., Panyakaew Ju., Wangkarn S., Chandet N., Inta A., Kittiwachana S., Pyne S. G., Mungkornasawakul P. Chemical diversity and anti-acne inducing bacterial potentials of essential oils from selected *Elsholtzia* species // *Natural Product Research*. 2019. No. 33 (4). Pp. 553–554.
7. Савченко О. М., Бабенко Л. В. Аспекты выращивания эльсгольции Стаунтона (*Elsholtzia Stauntonii* Benth.) в условиях Подмоскovie // Современные тенденции развития технологий здоровьесбережения: сборник трудов Седьмой научной конференции с международным участием. Москва, 2019. С. 87–92.
8. Гагиева Л. Ч., Зубарева Н. Н. Биохимический состав эльсгольции реснитчатой (*Elsholtzia ciliata* L.) с учетом высотной дифференциации // *Известия Горского государственного аграрного университета*. 2016. Т. 53. Ч. 4. С. 239–244.
9. Орел Т. И. Культивирование эльсгольции Стаунтона в разных агроклиматических районах Крыма при орошении // Сборник научных трудов ГНБС. 2018. Т. 146. С. 90–94.
10. Орел Т. И., Хлыпенко Л. А. Котовник лимонный и эльсгольция Стаунтона в условиях Крыма при орошении [Электронный ресурс] // *Universum: химия и биология: электрон. научный журнал*, 2015. № 9-10 (17). URL: <https://7universum.com/ru/nature/archive/item/2619> (дата обращения: 16.10.2020).
11. Хлыпенко Л. А., Орел Т. И. Компонентный состав эфирного масла *Elsholtzia Stauntonii* сорта Розовое облако // *Бюллетень ГНБС*. 2016. Вып. 118. С. 25–26.
12. Плугатарь Ю. В., Шевчук О. М., Хлыпенко Л. А., Логвиненко Л. А. Виды и сорта эфиромасличных и лекарственных растений для развития агропромышленного комплекса Крыма // Проблемы и перспективы инновационного развития экономики. Инновационные направления отраслевого и территориального развития АПК: материалы XXII международной научно-практической конференции. Ялта, 2017. С. 260.
13. Невкрытая Н. В., Мишнев А. В. Актуальные направления биохимических исследований эфиромасличных растений (обзор). Ч. 2. Анализ содержания и компонентного состава эфирного масла в растениях для целей селекции и семеноводства // *Таврический вестник аграрной науки*. 2019. № 1 (17). С. 72–75.

14. Wang X., Gong L., Jiang H. Study on the Difference between Volatile Constituents of the Different Parts from *Elsholtzia ciliata* by SHS-GC-MS // American Journal of Analytical Chemistry. 2017. Vol. 8. No. 10. Pp. 625–635.

15. Хлыпенко Л. А., Дунаевская Е. В., Орел Т. И. Эльсгольция – ценное лекарственное растение // Биологические особенности лекарственных и ароматических растений и их роль в медицине: сборник научных трудов международной научно-практической конференции, посвященной 85-летию ВИЛАР. Москва, 2016. С. 172–176.

16. Логвиненко Л. А., Хлыпенко Л. А., Марко Н. В. Ароматические растения семейства Lamiaceae для фитотерапии // Фармация и фармакология. 2016. № 4 (4). С. 36–38.

#### Об авторах:

Ольга Антоновна Пехова<sup>1</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, ORCID 0000-0003-1725-9046, AuthorID 840978; +7 978 810-05-31

Лидия Алексеевна Тимашева<sup>1</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, ORCID 0000-0001-9230-7664, AuthorID 450590; +7 978 810-05-71

Ирина Львовна Данилова<sup>1</sup>, научный сотрудник, ORCID 0000-0001-9311-1479, AuthorID 857747; +7 978 810-51-99

Ирина Викторовна Белова<sup>1</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник, ORCID 0000-0002-2036-3701, AuthorID 848829; +7 978 745-66-13

<sup>1</sup> Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма, Симферополь, Россия

## Accumulation of biologically active substances in plants of *Elsholtzia stauntonii* Benth. grown in the foothill zone of the Crimea

O. A. Pekhova<sup>1</sup>✉, L. A. Timasheva<sup>1</sup>, I. L. Danilova<sup>1</sup>, I. V. Belova<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Research Institute of Agriculture of Crimea, Simferopol, Russia

✉ E-mail: isocrimea@gmail.com

**Abstract.** The purpose of the research was to study the quality of *Elsholtzia stauntonii* Benth. raw materials grown in the foothill zone of the Crimea. In the course of the research, we studied such indicators as the content of essential oil and other types of biologically active substances (BAS), which allow using elsholtzia as an essential oil, food, or medicinal raw materials.

**Research methods.** Determination of the quality of *E. stauntonii* raw materials was carried out according to generally accepted methods. **Results.** Peculiarities of the accumulation of essential oil in various organs of *E. stauntonii* were determined. The variability of the mass fraction of essential oil, its component composition and BAS depending on the plant's growth stage is shown. We found that the main oil-synthesizing organs of *E. stauntonii* are leaves and inflorescences. The largest amount of essential oil (1.82 %) was obtained from inflorescences. In the fractional composition of raw materials, they amounted to 45.6 %. The maximum amount of essential oil with the dominant components (rosefuran and rosefuran epoxide) accumulated in plants during the phase of mass flowering (1.48 % in terms of absolutely dry weight). The highest content of BAS, namely phenolic compounds, accumulated in the stage of active growth of vegetative and the formation of generative organs of plants (regrowth and bud formation); extractives – in the stage of regrowth. During two years of storage of air-dry raw materials, there is a loss of essential oil as a result of its evaporation (54.0 %) and a change in its component composition (an increase in monoterpene derivatives of furan by 26.6 % and a decrease in sesquiterpene hydrocarbons by 23.5 %). To store air-dry raw materials of *E. stauntonii* for more than two years is not, however, reasonable because of significant losses of essential oil. **Scientific novelty.** The quality of raw materials of *E. stauntonii* variety Rozovoe oblako, which was grown in the foothill zone of the Crimea, was studied for the first time. Raw materials and essential oil of *E. stauntonii* have a broad spectrum of biological activity and can be used in medicine, as well as in essential oil and food industries.

**Keywords:** *Elsholtzia stauntonii* Benth., raw materials, essential oil, biologically active substances, shelf life.

**For citation:** Pekhova O. A., Timasheva L. A., Danilova I. L., Belova I. V. Osobennosti nakopleniya biologicheskii aktivnykh veshchestv v rasteniyakh *Elsholtzia stauntonii* Benth., vyrashchivaemykh v predgornoy zone Kryma [Accumulation of biologically active substances in plants of *Elsholtzia stauntonii* Benth. grown in the foothill zone of the Crimea] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2020. No. 11 (202). Pp. 76–88. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-202-11-76-84. (In Russian.)

**Paper submitted:** 23.09.2020.

#### References

1. Marko N. V., Logvinenko L. A., Shevchuk O. M., Fes'kov S. A. Annotirovannyi katalog aromatischeskikh i lekarstvennykh rasteniy kolleksii Nikitskogo botanicheskogo sada [Annotated catalog of aromatic and medicinal plants from the collection of the Nikitsky Botanical Garden]. Simferopol: Izdatel'stvo tipografiya "ARIAL", 2018. Pp. 170–171. (In Russian.)

2. Zotsenko L. O., Tsurkan O. O. Aminokislотноy sklad nadzemnykh organiv *Elsholtzia Stauntonii* Benth. [Aminoacid composition in aboveground organs of *Elsholtzia Stauntonii* Benth.] // Zbirnik naukovikh prats' spivrobotnikiv NMAPO im. P. L. Shupika. 2017. Vol. 28. Pp. 51–57. (In Ukrainian.)
3. Pashtetskii V. S., Nevkrytaya N. V., Mishnev A. V., L. G. Nazarenko. Efiromaslichnaya otrasl' Kryma. Vchera, segodnya, zavtra: 2-e izd., dop. [Essential oil industry in the Crimea. Yesterday, today, tomorrow: 2<sup>nd</sup> edition, enlarged]. Simferopol: Izdatel'stvo tipografiya "ARIAL", 2018. Pp. 233–235. (In Russian.)
4. Barua C. C., Yasmin N., Buragohain L. *Elsholtzia communis*: A Review of its Traditional Uses, Pharmacological Activity and Phytochemical Compounds // EC Pharmacology and Toxicology, 2018. Vol. 6. Iss. 9. Pp. 806–813.
5. Kuzmin O., Kucherenko V., Sylka I., Isaienko V., Furmanova Yu., Pavliuchenko O., Hubenia V. Antioxidant capacity of alcoholic beverages based on infusions from non-traditional spicy-aromatic vegetable raw materials // Ukrainian Food Journal. 2020. Vol. 9. Iss. 2. Pp. 407–412.
6. Phetsang S., Panyakaew Ju., Wangkarn S., Chandet N., Inta A., Kittiwachana S., Pyne S. G., Mungkornasawakul P. Chemical diversity and anti-acne inducing bacterial potentials of essential oils from selected *Elsholtzia* species // Natural Product Research. 2019. No. 33 (4). Pp. 553–554.
7. Savchenko O. M., Babenko L. V. Aspekty vyrashchivaniya el'sgol'tsii Stauntona (*Elsholtzia Stauntonii* Benth.) v usloviyakh Podmoskov'ya [Aspects of growing *Elsholtzia Staunton* (*Elsholtzia Stauntonii* Benth.) in the Moscow region] // Sovremennyye tendentsii razvitiya tekhnologii zdorov'esberezheniya: sbornik trudov Sed'moy nauchnoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem. Moscow, 2019. Pp. 87–92. (In Russian.)
8. Gagieva L. Ch., Zubareva N. N. Biokhimicheskiy sostav el'sgol'tsii resnitchatoy (*Elsholtzia ciliata* L.) s uchetom vysotnoi differentsiatsii [Biochemical composition *Elsholtzia ciliate* L. based on altitude differentiation] // Journal of Proceedings of Gorsky State Agrarian University. 2016. Vol. 53. Part. 4. Pp. 239–244. (In Russian.)
9. Oryol T. I. Kul'tivirovanie el'sgol'tsii Stauntona v raznykh agroklimaticheskikh raionakh Kryma pri oroshenii [Cultivation of *Elsholtzia stauntonii* Benth. in various agro-climatic regions of the Crimea under irrigation conditions] // Sbornik nauchnykh trudov Gosudarstvennogo Nikitskogo botanicheskogo sada. 2018. Vol. 146. Pp. 90–94. (In Russian.)
10. Oryol T. I., Khlypenko L. A. Kotovnik limonnyi i el'sgol'tsiya Stauntona v usloviyakh Kryma pri oroshenii [*Nepeta cataria* and *Elsholtzia stauntonii* under conditions of the Crimea under irrigation] [e-resource] // Universum: Himiya i Biologiya. 2015. No. 9-10 (17). URL: <https://7universum.com/ru/nature/archive/item/2619> (appeal date: 16.10.2020). (In Russian.)
11. Khlypenko L. A., Oryol T. I. Komponentnyi sostav efirnogo masla *Elsholtzia Stauntonii* sorta Rozovoe oblako [Component composition of *Elsholtzia stauntonii* essential oil, Rozovoye oblako cultivar] // Bulletin of the State Nikitsky Botanical Gardens. 2016. No. 118. Pp. 25–26. (In Russian.)
12. Plugatar Yu. V., Shevchuk O. M., Khlypenko L. A., Logvinenko L. A. Vidy i sorta efiromaslichnykh i lekarstvennykh rasteniy dlya razvitiya agropro-myshlennogo kompleksa Kryma [Types and varieties of essential oil and medicinal plants for the development of the agricultural complex of the Crimea] // Problemy i perspektivy innovatsionnogo razvitiya ekonomiki. Innovatsionnye napravleniya otraslevogo i territorial'nogo razvitiya APK: materialy XXII mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Yalta, 2017. P. 260. (In Russian.)
13. Nevkrytaya N. V., Mishnev A. V. Aktual'nye napravleniya biokhimicheskikh issledovaniy efiromaslichnykh rasteniy (obzor). Ch. 2. Analiz sodержaniya i komponentnogo sostava efirnogo masla v rasteniyakh dlya tselei selektsii i semenovodstva [Actual and contemporary directions of biochemical research of oil-bearing aromatic plants (review). Part 2. Analysis of the content and component composition of the essential oil in plants for breeding and seed growing] // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2019. No. 1 (17). Pp. 72–75. (In Russian.)
14. Wang X., Gong L., Jiang H. Study on the Difference between Volatile Constituents of the Different Parts from *Elsholtzia ciliata* by SHS-GC-MS // American Journal of Analytical Chemistry. 2017. Vol. 8. No. 10. Pp. 625–635.
15. Khlypenko L. A., Dunaevskaya E. V., Oryol T. I. El'sgol'tsiya – tsennoe lekarstvennoe rastenie [*Elsholtzia* – valuable medicinal plant] // Biologicheskie osobennosti lekarstvennykh i aromatischeskikh rasteniy i ikh rol' v meditsine: sbornik nauchnykh trudov mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 85-letiyu VILAR. Moscow, 2016. Pp. 172–176. (In Russian.)
16. Logvinenko L. A., Khlypenko L. A., Marko N. V. Aromatischeskie rasteniya semeistva Lamiaceae dlya fitoterapii. [Aromatic plant of Lamiaceae family for use in phytoterapy] // Pharmacy & Pharmacology. 2016. No. 4 (4). Pp. 36–38. (In Russian.)

#### Authors' information:

Olga A. Pekhova<sup>1</sup>, candidate of agricultural sciences, leading researcher, ORCID 0000-0003-1725-9046, Author ID 840978; +7 978 810-05-31

Lidia A. Timasheva<sup>1</sup>, candidate of agricultural sciences, leading researcher, ORCID 0000-0001-9230-7664, Author ID 450590; +7 978 810-05-71

Irina L. Danilova<sup>1</sup>, researcher, ORCID 0000-0001-9311-1479, Author ID 857747; +7 978 810-51-99

Irina V. Belova<sup>1</sup>, candidate of agricultural sciences, researcher, ORCID 0000-0002-2036-3701, Author ID 848829; +7 978 745-66-13

<sup>1</sup> Research Institute of Agriculture of Crimea, Simferopol, Russia

## Полиморфизм генов ферментов антиоксидантной системы у культурных видов пшеницы и дикорастущих сородичей

О. Б. Райзер<sup>1</sup>, О. Н. Хапилина<sup>1</sup>, А. С. Туржанова<sup>1</sup>, Д. Е. Тагиманова<sup>1</sup>✉, Р. Н. Календарь<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Национальный центр биотехнологии, Нур-Султан, Республика Казахстан

✉ E-mail: tagds@mail.ru

**Аннотация.** Цель – исследование полиморфизма генов супероксиддисмутазы (СОД) и амилазы у культурных видов пшеницы и дикорастущих сородичей, возможность использования их в качестве молекулярно-генетических маркеров для оценки генетического разнообразия сортов пшеницы. **Методы.** В качестве объектов исследований использованы сорта пшеницы, возделываемые в различные периоды в Казахстане, отдаленные сородичи и дикие виды пшениц. Материал был любезно предоставлен сотрудниками лаборатории генофонда НППЦ ЗХ им. А. И. Бараева, а также получен из коллекций генетических ресурсов USDA (<http://wheat.pw.usda.gov/GG3>), John Innes Centre (Germplasm Resources Unit, BBSRC) (<http://data.jic.bbsrc.ac.uk/cgi-bin/germplasm/cereals.asp>), Всероссийского института растениеводства им. Н. И. Вавилова (ВИР) (<http://91.151.189.38/virdb>). Выделение общей ДНК из этиолированных проростков семян проводили с использованием СТАВ-метода. Подбор праймеров для ПЦР амплификации, *in silico* ПЦР, анализ олигонуклеотидов и множественное выравнивание ДНК последовательностей, производили с помощью программы FastPCR (<http://primerdigital.com/fastpcr.html>). Биоинформатический анализ генов кандидатов проведен по базе данных NCBI (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/gene>), UniProt <http://www.uniprot.org/uniprot>), Ensembl Plants (<http://plants.ensembl.org>). **Результаты.** Анализ генетического разнообразия по спектрам изоферментов супероксиддисмутазы и амилазы у культурных видов пшеницы и дикорастущих сородичей, возделываемых в различные периоды селекции, показал, что уровень дифференциации между исследуемыми группами оказался довольно высоким, большая часть генетического разнообразия выявлена внутри групп. Генетическое разнообразие современных сортов пшеницы имеет более низкое количество полиморфных локусов и эффективных аллелей генов запасных белков, СОД и амилаз в сравнении с отдаленными сородичами и стародавними сортами из мировой коллекции. **Практическая значимость.** Исследование полиморфизма генных семейств супероксиддисмутазы и амилазы позволит повысить эффективность идентификации сортов и гибридов, изучения их гетерогенности и целенаправленного подбора родительских пар для скрещиваний.

**Ключевые слова:** пшеница, генетическое разнообразие, полиморфизм, изоферменты, супероксиддисмутазы, амилаза, молекулярно-генетические маркеры.

**Для цитирования:** Райзер О. Б., Хапилина О. Н., Туржанова А. С., Тагиманова Д. Е., Календарь Р. Н. Полиморфизм генов ферментов антиоксидантной системы у культурных видов пшеницы и дикорастущих сородичей // Аграрный вестник Урала. 2020. № 11 (202). С. 85–92. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-202-11-85-92.

**Дата поступления статьи:** 16.09.2020.

### Постановка проблемы (Introduction)

В настоящее время состав современных сортов пшеницы, возделываемых как в нашей стране, так и за рубежом, отличается низким генетическим разнообразием. Генетическое сходство сортов может иметь опасные последствия однообразной восприимчивости к патогенам. При благоприятных для развития патогена условиях эпифитотия может охватить обширные территории [1, с. 13]. Для расширения генетического разнообразия привлекают генетический материал стародавних сортов, диких сородичей и родственных видов. В процессе длительного культивирования в определенных климатических условиях местные сорта накопили уникальные комбинации аллелей генов, контролирующих способность противостоять неблагоприятным факторам внешней среды [2, с. 3]. Они имеют более высокий уровень популяционного полиморфизма в сравнении с современными, что делает их ценным ис-

точником генетического разнообразия для улучшения современных сортов. Основная часть местных стародавних сортов и созданные на их основе новые сорта характеризуется специфическим типом индивидуального развития. Несмотря на то что в современном производстве стародавние сорта не используются, однако в условиях нестабильности климатических условий они могут составить конкуренцию коммерческим сортам.

Для проведения анализа генетического разнообразия пшеницы использование методов, основанных на морфологических критериях, затратно и во многом зависит от условий окружающей среды. Анализ генетического разнообразия, основанный на применении молекулярных маркеров, используется около трех десятилетий, при этом в последние годы основной акцент делается на ДНК-маркеры, которые обладают существенными преимуществами по сравнению с морфологическими маркерами

вследствие высокого уровня полиморфизма, отсутствия влияния условий внешней среды и стадии развития организма. В настоящее время ДНК-маркеры общепризнаны как эффективный и надежный способ характеристики генетических ресурсов пшеницы.

Потребность в использовании различного рода молекулярных маркеров обуславливается современными инновациями в развитии маркерных технологий. Для оценки уровня генетического разнообразия сортов пшеницы используют белковые маркеры, ДНК-маркеры, а также изоферменты.

По мнению Л. Е. Иваченко, изоферментные маркерные системы – идеальная генетическая основа для решения практических задач, в том числе и секвенирования [3, с. 150]. Изоферментные маркеры являются носителями определенных функций в метаболизме и наряду с генами или локусами генома могут быть факторами идентификации этих функций. Изоферменты – простые и надежные маркерные системы для изучения широкого класса биологических явлений. Главными же преимуществами изоферментов как генетических маркеров являются кодоминантный характер наследования, четкое фенотипическое проявление и легкость идентификации [4, с. 497], [5, с. 122].

Использование изоферментных маркерных систем для генетического анализа ДНК позволит выявить полиморфизмы на внутри- и межвидовом уровне [6, с. 243], [7, с. 961].

Данный метод позволит выделить образцы пшеницы, которые будут использоваться в скрещиваниях для получения нового исходного материала.

#### Методология и методы исследования (Methods)

В качестве объектов исследований были использованы сорта культурных видов пшеницы и дикорастущих сорочидей, возделываемых в различные периоды в Казахстане. Материал был любезно предоставлен сотрудниками лаборатории генофонда НПС ЗХ им. А. И. Бараева, а также получен из коллекций генетических ресурсов USDA (<http://wheat.pw.usda.gov/GG3>), John Innes Centre (Germplasm Resources Unit, BBSRC) (<http://data.jic.bbsrc.ac.uk/cgi-bin/germplasm/cereals.asp>), Всероссийского института растениеводства им. Н.И. Вавилова (ВИР) (<http://91.151.189.38/virdb>).

Экстракцию ДНК проводили из этиолированных проростков с использованием лизирующего СТАВ-HEPES буфера в присутствии РНКазы А (2 % СТАВ, 2 М NaCl, 10 мМ Na<sub>3</sub>EDTA, 50 мМ HEPES, pH 5.3). Качественные и количественные показатели ДНК определены с использованием гель-электрофореза и спектрофотометра NanoDrop (Thermo Fisher Scientific) [8, с. 121].

Визуализацию экстрагированной ДНК проводили с использованием системы гель-документации ChemiDoc-It@TS2 Imager (UVP), для чего проводили горизонтальный электрофорез в 1-процентном агарозном геле, помещенном в камеру с 1 × TAE-буфером (40 мМ Tris-CH<sub>3</sub>COOH, pH 8.0) или 1 × TBE (20 мМ Tris-HEPES, pH 8.06).

Электрофорез проводили при постоянном напряжении 90 В в течение 60 минут. Размеры молекул, анализируемых образцов ДНК, определяли путем сопоставления их электрофоретической подвижности в геле с подвижно-

стью маркеров – фрагмент ДНК известной молекулярной массы. В качестве маркера молекулярных масс (М) использовали GeneRuler DNA Ladder Mix (100–10,000 bp).

Подбор праймеров для ПЦР амплификации *in silico* ПЦР, анализ олигонуклеотидов и множественное выравнивание ДНК последовательностей производили с помощью программы FastPCR (<http://primerdigital.com/fastpcr.html>) [9, с. 271].

Биоинформатический анализ генов кандидатов, наиболее важных для злаков (пшеницы, ячменя и овса), проведен по базе данных NCBI (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/gene>), UniProt (<http://www.uniprot.org/uniprot/>), Ensembl Plants (<http://plants.ensembl.org/>).

Систематику и классификацию генов проводили по базе данных Enzyme Nomenclature (Nomenclature Committee of the International Union of Biochemistry and Molecular Biology (NC-IUBMB, <http://www.chem.qmul.ac.uk/iubmb/enzyme>). Были отобраны основные классы изоферментов, генное семейство амилаз (AADH, EC 1.1.1.90), супероксиддисмутаза (SOD, EC 1.15.1.1).

Для проведения ПЦР амплификации использовали реакционную смесь (на один образец в объеме 25 мкл) следующего состава: 25 нг ДНК, 1 × Phire® буфер с MgCl<sub>2</sub>, 0,2 мМ dNTP, 0,3 мМ каждого праймера и 0,2 μl Phire® Hot Start II DNA Polymerase.

Результаты оценивали в 1,2-процентном агарозном геле в 1 × TBE (20 мМ Tris-HEPES, pH 8.06), в присутствии бромистого этидия, с использованием системы гель-документации ChemiDoc-It@TS2 Imager (UVP), помещенном в камеру с 1 × TBE электрофорезом буфером. Электрофорез проводили при постоянном напряжении 90 В в течение 5 часов.

#### Результаты (Results)

Одним из подходов к изучению генетического разнообразия сельскохозяйственных культур является использование молекулярных маркеров, представляющих собой полиморфные последовательности ДНК. Использование ДНК-маркеров открыло большие перспективы для детального картирования хромосом растений, идентификации генов и их клонирования. В связи с этим возникла необходимость разработки эффективных методов анализа генетического полиморфизма. Широкое применение нашли варианты амплификации ДНК со специфическими и произвольными праймерами, с помощью которых можно быстро обнаружить варибельность большого числа локусов по всему геному растений. Для анализа генетического разнообразия сельскохозяйственных культур наряду с анализом ДНК важным методом получения информации о генотипе является исследование полиморфизма белков и ферментов. Супероксиддисмутаза (SOD, СОД, КФ 1.15.1.1) является специфическим ферментом, препятствующим повреждающему влиянию супероксиданион-радикала кислорода на биологические структуры, превращающая этот радикал в пероксид водорода [10, с. 557]. Гены, кодирующие супероксиддисмутаза, сложно организованы, они различаются по происхождению и внутриклеточной локализации. Аллельные вариации фермента определяют устойчивость растений к биотическим и абиотическим факторам окружающей среды [11, с. 153].

Таблица 1

Последовательность ПЦР праймеров для детекции полиморфизма генов семейств супероксиддисмутазы (SOD)

ID	Последовательность (5'-3')	$T_m$ , °C	GC-состав, %	LC, %	Координаты праймеров JX398977
5069	CGGAGGCTCTCCAAGGTCGTSTCC	65,6	66,7	81	113 ≥ 136
5070	CCAAGGTCGTSTCCTACTACGGCCT	65,6	60,7	85	123 ≥ 150
5071	CCTCACCCTCCGCCGTACAAA	61,6	59,1	78	145 ≥ 166
5072	ACTGGGATATTTGGTTACCAAGGT	58,1	42,3	89	749 ≤ 774
5073	AAGCCTCSGCGCGCATCATGCGTA	66,5	62,5	83	720 ≤ 743
5074	CCTTGTAATCTAAGTAGTAAGCATG	51,6	36,0	77	632 ≤ 656
5075	CTCCCACAAGTCTAGGCTGATGATT	61,3	51,9	93	605 ≤ 631

Примечания:

 $T_m$  – температура отжига праймера.

GC-состав – гуанин-цитозиновый состав.

LC – лингвистическая сложность.

Table 1

Sequence of PCR primers for detecting polymorphism of genes of superoxide dismutase (SOD) families

ID	Sequence (5'-3')	$T_m$ , °C	GC-composition, %	LC, %	Primer coordinates JX398977
5069	CGGAGGCTCTCCAAGGTCGTSTCC	65.6	66.7	81	113 ≥ 136
5070	CCAAGGTCGTSTCCTACTACGGCCT	65.6	60.7	85	123 ≥ 150
5071	CCTCACCCTCCGCCGTACAAA	61.6	59.1	78	145 ≥ 166
5072	ACTGGGATATTTGGTTACCAAGGT	58.1	42.3	89	749 ≤ 774
5073	AAGCCTCSGCGCGCATCATGCGTA	66.5	62.5	83	720 ≤ 743
5074	CCTTGTAATCTAAGTAGTAAGCATG	51.6	36.0	77	632 ≤ 656
5075	CTCCCACAAGTCTAGGCTGATGATT	61.3	51.9	93	605 ≤ 631

Notes:

 $T_m$  – primer annealing temperature.

GC-composition – guanine-cytosine composition.

LC – linguistic complexity.

В результате исследований проведен биоинформационный анализ нескольких генов пшеницы (JX398977, Traes\_4AL\_433F090E0, Traes\_2AL\_D0D84176E и Traes\_4AL\_7742FFD9E), который позволил выявить в последовательностях интронов потенциальные участки полиморфизма, проявляющиеся в виде протяженных вставок и делеций. Их можно детектировать с помощью ПЦР. Были разработаны универсальные праймеры к консервативным участкам концевых экзонов (таблица 1) [12, с. 43].

Для праймеров с наибольшим удалением друг от друга продукты амплификации располагались в диапазоне 1000–1200 п. н., для праймеров с самым коротким расстоянием наблюдали продукты амплификации размером 300–600 п. н.

При использовании пары праймеров 5071 + 5073 продукты амплификации отличались низким уровнем полиморфизма. У большинства сортообразцов казахстанской современной селекции полиморфизм был выявлен только у нескольких генотипов, в числе которых Асыл Сапа, Ертiс 97, Казахстанская 15, сорт-дигаллоид Байтерек, и пшеницы *T. spelta*, *T. timofeevii*, *T. dicccocum*, var. *T. persicum*, которые по биологическому состоянию относятся к ландрасам или местным экотипам.

По результатам амплификации с праймерами к генам семейства СОД была построена бинарная матрица, которая была использована для статистического анализа GeneAlex 6.5. Было установлено, что наибольшая варибельность генов СОД была выявлена у стародавних сортов мировой и современной казахстанской селекции (рис. 1).

Современные сорта имеют более разнообразные спектры этих изоферментов, что обусловлено направлением селекции пшеницы на устойчивость к стрессовым факторам.

С целью оценки изменчивости проводили анализ молекулярной дисперсии AMOVA (таблица 2). Преимуществами и отличиями AMOVA для анализа генетических данных от классического дисперсионного анализа (ANOVA) является то, что при анализе молекулярной дисперсии могут использоваться различные эволюционные модели без видоизменения базовой структуры анализа.

Анализ молекулярной изменчивости AMOVA продемонстрировал, что различия внутри групп сортов (60 %) существенно выше различий между группами (28 %).

Анализ генетического разнообразия исследуемых групп сортов пшеницы показал, что уровень дифференциации между исследуемыми группами оказался довольно

Анализ молекулярной изменчивости (АМОВА) различных групп пшеницы

Таблица 2

Source	Df	SS	MS	Est. Var.	%
Among Pops	5	128,693	25,739	1,466	40
Within Pops	100	222,430	2,224	2,224	60
Total	105	351,123		3,690	100

Примечания:

Df – число степеней свободы.

SS – модель случайных эффектов Est.

MS – метод моментов.

Est. Var. – оценка компонентов дисперсии.

Molecular variation analysis (АМОВА) of different groups of wheat

Table 2

Source	Df	SS	MS	Est. Var.	%
Among Pops	5	128.693	25.739	1.466	40
Within Pops	100	222.430	2.224	2.224	60
Total	105	351.123		3.690	100

Note:

Df – number of degrees of freedom.

SS – random effects model Est.

MS – method of moments.

Est. Var. – variance component estimation.

Последовательность ПЦР праймеров для детекции полиморфизма генов ВАМУ и у видов семейства Poaceae

Таблица 3

ID	Последовательность (5'-3')	T <sub>m</sub> , °C	Координаты праймеров	
			ВМУ1 (FJ161080)1	ВМУ2 (DQ889983)2
3162	TCCAAGTCTACGTCATGCTCC	56,4	1389 ≥ 1409	54 ≥ 74
3816	GCTGCTGCTGCTTTGAAGTCTGCT	62,3	3660 ≤ 3683	1386 ≤ 1409

Примечание:

T<sub>m</sub> – температура отжига праймера.

Sequence of PCR primers for detecting polymorphism in ВАМУ genes in species of the Poaceae family

Table 3

ID	Sequence (5'-3')	T <sub>m</sub> , °C	Primer coordinates	
			ВМУ1 (FJ161080)1	ВМУ2 (DQ889983)2
3162	TCCAAGTCTACGTCATGCTCC	56.4	1389 ≥ 1409	54 ≥ 74
3816	GCTGCTGCTGCTTTGAAGTCTGCT	62.3	3660 ≤ 3683	1386 ≤ 1409

Note:

T<sub>m</sub> – primer annealing temperature.

высоким, большая часть выявленного генетического разнообразия выявлена внутри групп (60 %), это может быть связано с географической и генетической изоляцией сортов различиями экологических условий существования. В целом наибольшее количество переменных локусов генов СОД было идентифицировано у следующих образцов: 2014179 и 2014205 (*A. tauschii*), 2014185 (*A. biuncialis*), 2014192 (*A. triuncialis*), а также образцы пшеницы 201998 (*T. persicum*), 2019101 (*T. timofeevii*), 2014055 (*T. monococtum*), 2014076 (*T. dicocum*) а также сорта Байтерек, Тәуелсіздік 20, Новосибирская 145 и стародавний сорт Зерноградка. Эти сортообразцы имеют наиболее насыщенный спектр амплификации с ген-специфичными праймерами, что указывает на наличие разнообразных аллельных форм генов. Дальнейшая оценка образцов в лабораторных условиях к воздействию абиотических стрессов позволит выявить корреляцию признака с наличием полиморфных аллелей этого гена, чтобы в дальнейшем целенаправленно использовать эти образцы в селекционных программах.

Также был проведен генетический анализ генных семейств спектров амилазы у культурных видов пшеницы и дикорастущих сорочидей. Фермент β-амилаза достаточно хорошо изучен и используется для идентификации генотипов, маркирования хромосом, а также для поиска корреляций между кодирующими амилазу аллелями и хозяйственно ценными признаками, и свойствами пшеницы. Полиморфизм локусов β-амилазы определяет устойчивость пшеницы к прорастанию на корню, тип развития (яровость или озимость), а также находятся в одной группе сцепления с селекционно значимыми генами, такими как карликовость (Rht), остистость. Для анализа были использованы «универсальные» праймеры, ориентированные на наиболее консервативные белок-кодирующие регионы генов семейства β-амилаз (bamy1 и bamy2) (таблица 3). Праймеры разработаны в результате множественного выравнивания генов β-амилаз с использованием программы Multain [13, с. 10].

Таблица 3

Последовательность ПЦР праймеров для детекции полиморфизма генов *BAMY* и у видов семейства *Poaceae*

ID	Последовательность (5'-3')	$T_m$ , °C	Координаты праймеров	
			ВМУ1 (FJ161080)1	ВМУ2 (DQ889983)2
3162	TCCAAGTCTACGTCATGCTCC	56,4	1389 ≥ 1409	54 ≥ 74
3816	GCTGCTGCTGCTTTGAAGTCTGCT	62,3	3660 ≤ 3683	1386 ≤ 1409

Примечание:

 $T_m$  – температура отжига праймера.

Table 3

Sequence of PCR primers for detecting polymorphism in *BAMY* genes in species of the *Poaceae* family

ID	Sequence (5'-3')	$T_m$ , °C	Primer coordinates	
			ВМУ1 (FJ161080)1	ВМУ2 (DQ889983)2
3162	TCCAAGTCTACGTCATGCTCC	56.4	1389 ≥ 1409	54 ≥ 74
3816	GCTGCTGCTGCTTTGAAGTCTGCT	62.3	3660 ≤ 3683	1386 ≤ 1409

Note:

 $T_m$  – primer annealing temperature.

Таблица 4

Генетическое разнообразие локусов  $\beta$ -амилаз у различных сортов и видов пшеницы

Группа сортов	$P$ (%)	$N_a$	$N_e$	$I$
Стародавние сорта (мир.)	50,9	1,525	1,336	0,161
Стародавние (РК)	47,8	1,485	1,359	0,159
Современные РК	41,5	1,857	1,230	0,136
Синтетическая пшеница	24,0	1,340	1,123	0,119
Отдаленные сородичи	58,5	1,994	1,655	0,231
Среднее	17,833	1,976	1,671	0,389

Примечания:

 $P$  – полиморфизм. $N_a$  – разнообразие аллелей. $N_e$  – эффективное число аллелей. $I$  – информационный индекс Шеннона.

Table 4

Genetic diversity of  $\beta$ -amylase loci in different varieties and species of wheat

Group of varieties	$P$ (%)	$N_a$	$N_e$	$I$
Old varieties (world)	50.9	1.525	1.336	0.161
Ancient (KZ)	47.8	1.485	1.359	0.159
Modern (KZ)	41.5	1.857	1.230	0.136
Synthetic wheat	24.0	1.340	1.123	0.119
Distant relatives	58.5	1.994	1.655	0.231
The average	17.833	1.976	1.671	0.389

Note:

 $P$  – polymorphism. $N_a$  – allele diversity. $N_e$  – effective number of alleles. $I$  – Shannon information index.

Сравнительный анализ спектров амплификации с праймерами к геным семействам амилаз выявил, что культурные сорта пшеницы, целенаправленно подвергшиеся селекции на технологические и мукомольные качества зерна, отличаются меньшим разнообразием аллелей этих генов в сравнении с образцами дикорастущих сородичей. Результаты амплификации показали, что наибольший уровень полиморфизма локусов  $\beta$ -амилазы наблюдали у дикорастущих сородичей пшеницы (*T. dicocum*, *T. compactum*, *T. Monococum*, *Aegilops* spp.).

При этом анализ аллельного разнообразия внутри культурных сортов по группам выявил, что образцы пшеницы стародавних сортов мировой коллекции отличаются наибольшей вариабельностью аллелей в сравнении с казахстанскими образцами (таблица 4).

Проведенный анализ разнообразия показывает, что разработанные праймеры для детекции полиморфизма изоферментных спектров амилаз позволяют получать уникальные, хорошо воспроизводимые спектры продуктов амплификации, удобные для дискриминации генотипов и могут быть использованы в качестве дополнительных молекулярно-генетических маркеров.

Наибольшее значение информационного индекса Шеннона, который является основным показателем, отражающим генетическое разнообразие исследуемых аллелей генов, было отмечено у отдаленных видов пшеницы – 0,231. Высокий уровень генетической изменчивости дикарей может быть связан с сохранением механизмов адаптации к неблагоприятным внешним факторам среды.

**Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)**

Генетическое разнообразие пшеницы, возделываемой в Казахстане, значительно возросло, это связано как с использованием в гибридизации сортов иностранной селекции, а также внедрением современных биотехнологических, генно-инженерных методов. Вопросы экологии и биоразнообразия и сохранение исследуемой культуры определяются возможностью контроля разнообразия генов, и в первую очередь изоферментов и других важных и полиморфных генов, кодирующие белки, определяющие особенность данного вида, его полезных свойств и разнообразие [14, с. 21], [15, с. 476].

Анализ генетического разнообразия по спектрам изоферментов СОД и амилазы сортов пшеницы, возделываемых в различные периоды селекции, показал, что уровень дифференциации между исследуемыми группами

оказался довольно высоким, большая часть выявленного генетического разнообразия выявлена внутри групп. Генетическое разнообразие современных сортов пшеницы имеет более низкое количество полиморфных локусов и эффективных аллелей генов запасных белков, СОД и амилазы в сравнении с отдаленными сороридичами и стародавними сортами из мировой коллекции. Выделенные образцы могут быть использованы в качестве родительских форм как доноры разнообразных аллелей хозяйственно полезных генов, влияющих на устойчивость растений к биотическим и абиотическим факторам окружающей среды. Таким образом, в результате проведенных исследований установлено, что изоферменты СОД и амилазы могут быть использованы как эффективные инструменты для выявления генетического полиморфизма пшеницы.

**Библиографический список**

1. Шаманин В. П., Потоцкая И. В., Трущенко А. Ю., Чурсин А. С., Кузьмина С. П., Кротова Л. А. Расширение генетического разнообразия генофонда пшеницы // Известия Алтайского государственного университета. 2012. № 5. С. 13.
2. Гончаров П. Л. Методические основы селекции растений // Генофонд сельскохозяйственных культур для селекции устойчивых сортов: сборник научных трудов. Новосибирск, 1993. С. 12.
3. Иваченко Л. Е. Использование электрофоретических спектров ферментов дикорастущей сои как маркеров процесса биохимической адаптации к условиям выращивания // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. 2012. № 1 (150). С. 56–61.
4. Phillips R. L., Vasil I. K. DNA-based markers in plants // In: DNA-based markers in plants. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 2001. 497 p.
5. Khlestkina E. K., Roder M. S., Efremova T. T., Borner A., Shumny V. K. The genetic diversity of old and modern Siberian varieties of common spring wheat as determined by microsatellite markers // Plant Breeding. 2004. Vol. 123. Pp. 122–127.
6. Юдина Р. С. Генетика и фенотипика малатдегидрогеназы растений // Информационный вестник ВОГиС. 2010. Т. 14. № 2. С. 243–254.
7. Reif J. C., Gowda M., Maurer H. P., Longin C. F., Korzun V., Ebmeyer E., Bothe R., Pietsch C., Würschum T. Association mapping for quality traits in soft winter wheat // Theoretical and Applied Genetics. 2011. Vol. 122. Pp. 961–970.
8. Kalendar R., Antonius K., Smýkal P., Schulman, A. H. iPBS: a universal method for DNA fingerprinting and retrotransposon isolation // Theoretical and Applied Genetics. 2010. Vol. 121. No. 8. DOI: 10.1007/s00122-010-1398-2.
9. Kalendar R., Lee D., Schulman A. H. FastPCR software for PCR, in silico PCR, and oligonucleotide assembly and analysis // DNA Cloning and Assembly Methods. Methods in Molecular Biology (Methods and Protocols), vol 1116. Humana Press, Totowa, NJ. DOI: 10.1007/978-1-62703-764-8\_18.
10. Fried R. Enzymatic and non-enzymatic assay of superoxide dismutase // Biochimie. 1975. Vol. 57. No. 5. Pp. 657–660.
11. Inze D., Montagu M. Oxidative stress in plants // Current Opinion Biotechnology. 1995. Vol. 6. Pp. 153–158.
12. Молекулярно-генетический анализ пшеницы и близкородственных злаков: методические рекомендации / Сост.: Р. Календарь, А. Мутерко, О. Стратула, О. Хапилина, А. Новаковская, Д. Тагиманова, А. Аменов, А. Увашов, А. Туржанова, Е. Раманкулов. Астана, 2016. 43 с.
13. Стратула О. Р., Коцербуба В. В., Календарь Р. Н. Применение генов  $\beta$ -амилазы в качестве филогенетических маркеров // Биотехнология. Теория и практика. 2014. № 4. С. 10–21. DOI: 10.11134/btp.4.2014.2.
14. Бондаренко Л. С. Изоферменты альфа-амилазы и их генетический контроль у мягкой пшеницы: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.02.07. Москва, 2017. 21 с.
15. Novoselskaya-Dravovich A. Y. Genetics and genomics of wheat: storage proteins, ecological plasticity, and immunity // Russian Journal Genetics. 2015. Vol. 51. No. 5. Pp. 476–490. DOI: 10.1134/S102279541505004X.

**Об авторах:**

Олеся Борисовна Райзер<sup>1</sup>, магистр сельскохозяйственных наук, научный сотрудник лаборатории геномики и биоинформатики растений, ORCID 0000-0003-0754-3342, AuthorID 57216895212, +7 777 880-12-02, 2008olesya@mail.ru  
 Оксана Николаевна Хапилина<sup>1</sup>, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории геномики и биоинформатики растений, ORCID 0000-0002-7256-568, AuthorID 57194829297, +7 705 749-14-75, oksfur@mail.ru  
 Айнура Сериковна Туржанова<sup>1</sup>, магистр биологических наук, научный сотрудник лаборатории геномики и биоинформатики растений, ORCID 0000-0001-6205-9292, AuthorID 57216895766; +7 775 536-95-42, turzhanova-ainur@mail.ru  
 Дамеля Сеитовна Тагиманова<sup>1</sup>, магистр биологических наук, научный сотрудник лаборатории геномики и биоинформатики растений, ORCID 0000-0002-9020-4247, AuthorID 57194835810, +7 701 429-01-84, tagds@mail.ru

Руслан Николаевич Календарь<sup>1</sup>, кандидат биологических наук, заведующий лабораторией геномики и биоинформатики растений, ORCID 0000-0003-3986-2460, AuthorID 6602789279, +7 705 144-88-85, [ruslan.kalendar@mail.ru](mailto:ruslan.kalendar@mail.ru)

<sup>1</sup> Национальный центр биотехнологии, Нур-Султан, Республика Казахстан

## Polymorphism of genes of antioxidant system enzymes in cultivated wheat species and wild-growing relatives

O. B. Raizer<sup>1</sup>, O. N. Khapilina<sup>1</sup>, A. S. Turzhanova<sup>1</sup>, D. S. Tagimanova<sup>1</sup>✉, R. N. Kalendar<sup>1</sup>

<sup>1</sup> National Center for Biotechnology, Nur-Sultan, Republic of Kazakhstan

✉ E-mail: [tagds@mail.ru](mailto:tagds@mail.ru)

**Abstract. The purpose of the study.** Investigation of the polymorphism of genes of superoxide dismutase (SOD) and amylase in cultivated wheat species and wild relatives, the possibility of using them as molecular genetic markers to assess the genetic diversity of wheat varieties. **Methods.** The objects of research were wheat varieties cultivated in different periods in Kazakhstan, distant relatives and wild wheat species. The material was kindly provided by the staff of the laboratory of the gene pool of the SPC ZH im. A.I. Baraev, and also obtained from the USDA genetic resource collections (<http://wheat.pw.usda.gov/GG3>), John Innes Center (Germplasm Resources Unit, BBSRC) (<http://data.jic.bbsrc.ac.uk/cgi-bin/germplasm/cereals.asp>), All-Russian Institute of Plant Industry named after N.I. Vavilov (VIR) (<http://91.151.189.38/virdb>). Isolation of total DNA from etiolated seedlings was performed using the CTAB method. Selection of primers for PCR amplification, in silico PCR, analysis of oligonucleotides, and multiple alignment of DNA sequences were performed using the FastPCR program (<http://primerdigital.com/fastpcr.html>). Bioinformatic analysis of candidate genes was carried out using the NCBI database (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/gene>), UniProt (<http://www.uniprot.org/uniprot>), Ensembl Plants (<http://plants.ensembl.org>). **Results.** Analysis of genetic diversity based on the spectra of superoxide dismutase and amylase isoenzymes in cultivated wheat species and wild relatives cultivated in different breeding periods showed that the level of differentiation between the studied groups was quite high, most of the genetic diversity was revealed within the groups. The genetic diversity of modern wheat varieties has a lower number of polymorphic loci and effective alleles of storage proteins, SOD, and amylases genes in comparison with distant relatives and ancient varieties from the world collection. **Practical significance.** The study of the polymorphism of the gene families of superoxide dismutase and amylase will increase the efficiency of identification of varieties and hybrids, study of their heterogeneity and targeted selection of parental pairs for crosses.

**Keywords:** wheat, genetic diversity, polymorphism, isozymes, superoxide dismutase, amylase, molecular genetic markers.

**For citation:** Raizer O. B., Khapilina O. N., Turzhanova A. S., Tagimanova D. E., Kalendar R. N. Polimorfizm genov fermentov antioksidantnoy sistemy u kul'turnykh vidov pshenitsy i dikorastushchikh sorodichey [Polymorphism of genes of antioxidant system enzymes in cultivated wheat species and wild-growing relatives] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2020. No. 11 (202). Pp. 85–92. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-202-11-85-92. (In Russian.)

**Paper submitted:** 16.09.2020.

### References

1. Shamanin V. P., Pototskaya I. V., Trushchenko A. Yu., Chursin A. S., Kuz'mina S. P., Krotova L. A. Rasshirenje geneticheskogo raznoobraziya genofonda pshenitsy [Expansion of the genetic diversity of the wheat gene pool] // Izvestiya of Altai State University. 2012. No. 5. P. 13. (In Russian.)
2. Goncharov P. L. Metodicheskie osnovy selektsii rasteniy [Gene pool of agricultural crops for breeding resistant varieties] // Genofond sel'skokhozyaystvennykh kul'tur dlya selektsii ustoychivyykh sortov: sbornik nauchnykh trudov. Novosibirsk. 1993. P. 12. (In Russian.)
3. Ivachenko L. E. Ispol'zovanie elektroforeticheskikh spektrov fermentov dikorastushchey soi kak markerov protessa biokhimicheskoy adaptatsii k usloviyam vyrashchivaniya [The use of electrophoretic spectra of wild-growing soybean enzymes as markers of the process of biochemical adaptation to growing conditions] // Maslichnye kul'tury. Nauchno-tekhnicheskii byulleten' Vserossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta maslichnykh kul'ur. 2012. No. 1. Pp. 56–61. (In Russian.)
4. Phillips R. L., Vasil I. K. DNA-based markers in plants // In: DNA-based markers in plants. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 2001. 497 p.
5. Khlestkina E. K., Roder M. S., Efremova T. T., Borner A., Shumny V. K. The genetic diversity of old and modern Siberian varieties of common spring wheat as determined by microsatellite markers // Plant Breeding. 2004. Vol. 123. Pp. 122–127.
6. Yudina R. S. Genetika i fenogenetika malatdegidrogenazy rasteniy [Genetics and phenogenetics of plant malate dehydrogenase] // The Herald of Vavilov Society for Geneticists and Breeding Scientists. 2010. T. 14. No. 2. Pp. 243–254. (In Russian.)
7. Reif J. C., Gowda M., Maurer H. P., Longin C. F., Korzun V., Ebmeyer E., Bothe R., Pietsch C., Würschum T. Association mapping for quality traits in soft winter wheat // Theoretical and Applied Genetics. 2011. Vol. 122. Pp. 961–970.

8. Kalendar R., Antonius K., Smýkal P., Schulman, A. H. iPBS: a universal method for DNA fingerprinting and retrotransposon isolation // *Theoretical and Applied Genetics*. 2010. Vol. 121. No. 8. DOI: 10.1007/s00122-010-1398-2.
9. Kalendar R., Lee D., Schulman A. H. FastPCR software for PCR, in silico PCR, and oligonucleotide assembly and analysis // *DNA Cloning and Assembly Methods. Methods in Molecular Biology (Methods and Protocols)*, vol 1116. Humana Press, Totowa, NJ. DOI: 10.1007/978-1-62703-764-8\_18.
10. Fried R. Enzymatic and non-enzymatic assay of superoxide dismutase // *Biochimie*. 1975. Vol. 57. No. 5. Pp. 657–660.
11. Inze D., Montagu M. Oxidative stress in plants // *Current Opinion Biotechnology*. 1995. Vol. 6. Pp. 153–158.
12. Molekulyarno-geneticheskiy analiz pshenitsy i blizkorodstvennykh zlakov: metodicheskie rekomendatsii [Molecular genetic analysis of wheat and closely related cereals: Method. recommend] / Compilers: R. Kalendar', A. Muterko, O. Stratula, O. Khapilina, A. Novakovskaya, D. Tagimanova, A. Amenov, A. Uvashov, A. Turzhanova, E. Ramankulov. Astana, 2016. 43 p. (In Russian.)
13. Stratula O. R., Kotseruba V. V., Kalendar' R. N. Primenenie genov  $\beta$ -amilazy v kachestve filogeneticheskikh markerov [Application of  $\beta$ -amylase genes as phylogenetic markers] // *Biotechnology. Theory and practice*. 2014. No. 4. Pp. 10–21. DOI: 10.11134/btp.4.2014.2. (In Russian.)
14. Bondarenko L. S. Izofermenty al'fa-amilazy i ikh geneticheskiy kontrol' u myagkoy pshenitsy: avtoref. dis. ... kand. biol. nauk: 03.02.07 [Alpha-amylase isozymes and their genetic control in common wheat: abstract of dis. ... candidate of biological sciences: 03.02.07]. Moscow, 2017. 21 p. (In Russian.)
15. Novoselskaya-Dragovich A. Y. Genetics and genomics of wheat: storage proteins, ecological plasticity, and immunity // *Russian Journal Genetics*. 2015. Vol. 51. No. 5. Pp. 476–490. DOI: 10.1134/S102279541505004X.

#### **Authors' information:**

- Olesya B. Raizer<sup>1</sup>, master of agricultural sciences, researcher of laboratory of plant genomics and bioinformatics, ORCID 0000-0003-0754-3342, Author ID 57216895212, +7 777 880-12-02, 2008olesya@mail.ru
- Oksana N. Khapilina<sup>1</sup>, candidate of biological sciences, leading researcher of laboratory of plant genomics and bioinformatics, ORCID 0000-0002-7256-568, Author ID 57194829297, +7 705 749-14-75, oksfur@mail.ru
- Ainura S. Turzhanova<sup>1</sup>, master of biological sciences, researcher of laboratory of plant genomics and bioinformatics, ORCID 0000-0001-6205-9292, AuthorID 57216895766, +7 775 536-95-42, turzhanova-ainur@mail.ru
- Damelya S. Tagimanova<sup>1</sup>, master of biological sciences, researcher of laboratory of plant genomics and bioinformatics, ORCID 0000-0002-9020-4247, Author ID 57194835810, +7 701 429-01-84, tagds@mail.ru
- Ruslan N. Kalendar<sup>1</sup>, candidate of biological sciences, Head of the Laboratory of Plant Genomics and Bioinformatics, ORCID 0000-0003-3986-2460, Author ID 6602789279, +7 705 144-88-85, ruslan.kalendar@mail.ru

<sup>1</sup> National Center for Biotechnology, Nur-Sultan, Republic of Kazakhstan

## Влияние наследственных и паратипических факторов на мясную продуктивность домашних северных оленей

А. А. Южаков<sup>1</sup>, К. А. Лайшев<sup>1</sup>✉, В. А. Забродин<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук, Пушкин, Россия

✉ E-mail: layshev@mail.ru

**Аннотация.** Цель. Изучение различных факторов определяющих количественные и качественные показатели мясной продуктивности северных оленей. **Методы.** Результаты работы основываются на аналитическом, статистическом, экспертном методах и собственных исследованиях авторов. **Результаты.** Проведенный анализ породной характеристики живой и убойной массы оленей, убойного выхода свидетельствует о том, что увеличение производства оленины в известной мере зависит от рационального размещения генетических ресурсов северных оленей. Как показывает практика, основным методом разведения в оленеводстве следует считать аутбридинг. Ограниченное использование межпородного скрещивания в северном оленеводстве объясняется как сложной и дорогостоящей логистикой перевозки оленей между регионами, так и проблемами адаптации индуцированных животных к местным природно-климатическим условиям. Из паратипических факторов природно-климатические являются определяющими. В бесснежный период у северных оленей основной нагул идет на основе интенсивного потребления зеленых кормов – листьев и травы, к концу снежного периода живая масса взрослого оленя может снизиться на 20 % от осенних показателей. Особо следует отметить влияние ветеринарно-профилактических мероприятий на мясную продуктивность северных оленей. Ранняя химиотерапия оводовых инвазий повышает мясную продуктивность на 6–7 кг на 1 голову. **Научная новизна.** Установлено, что важнейшим наследственным фактором, обуславливающим показатели мясной продуктивности, является породная принадлежность, природно-климатические факторы являются определяющими, начиная с внутриутробного развития плода и на всем протяжении постнатального развития оленя, снижение физиологического статуса животного, поражение оленя болезнью негативно сказывается на его живой массе, мясной продуктивности в целом. Результаты проведенных исследований можно использовать в технологии ведения оленеводства с целью увеличения мясной продуктивности животных

**Ключевые слова:** северное оленеводство, породы оленей, мясная продуктивность, генетические ресурсы, межпородное скрещивание, коэффициент наследования.

**Для цитирования:** Южаков А. А., Лайшев К. А., Забродин В. А. Влияние наследственных и паратипических факторов на мясную продуктивность домашних северных оленей // Аграрный вестник Урала. 2020. № 11 (202). С. 93–100. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-202-11-93-100.

**Дата поступления статьи:** 16.07.2020.

### Постановка проблемы (Introduction)

Российская Федерация, как и ранее СССР, остается самой крупной оленеводческой страной в мире. Более 70 % мирового поголовья домашних северных оленей сосредоточено в 18 субъектах четырех федеральных округов РФ. Северное оленеводство является одной из немногих отраслей животноводства России, которая имеет положительную динамику развития и производит экспортную продукцию: мясо, шкуры, панты, рога, эндокринно-ферментное сырье. Сохраняет традиционное значение и транспортное использование северных оленей в хозяйствах Арктической зоны. Результатом многовековой «народной селекции» домашних оленей стало выведение аборигенных пород, от состояния которых зависят материальное благополучие и сохранение этнической культуры 20 коренных малочисленных народов и этнических групп севера Европы, Сибири и Дальнего Востока. На основании представленных материалов апробации приказом министра сельского хо-

зяйства СССР № 212 от 23.08.85 г. утверждены 4 породы северных оленей: ненецкая, чукотская, эвенская и эвенкийская. Из них чукотская и ненецкая относятся к преимущественно тундровым, эвенкийская – типично лесная, а эвенская – лесо-и горнотундровая порода. Утверждению данных пород предшествовала многолетняя работа специалистов-оленеводов и ученых по зоотехническому обследованию стад северных оленей с целью разработки породного стандарта и основных селекционных требований. В настоящее время на территории Российской Федерации выпасается около 2 млн голов домашних северных оленей.

Оценивая продуктивный потенциал северного оленеводства, следует отметить, что в целом по Арктической зоне РФ возможность увеличения поголовья этих животных составляет не более 300–350 тыс. особей [1, с. 192]. В ряде регионов количество домашних северных оленей достигло проектной оленеемкости местных пастбищ (Республика Коми, Ненецкий АО, Мурманская область, Хан-

ты-Мансийский АО), а отдельных регионах даже превысила данный показатель (Ямало-Ненецкий АО, Таймырский Долгано-Ненецкий муниципальный район). Учитывая дальнейшее расширение нефтегазодобывающего комплекса в Арктической зоне РФ, в перспективе площади оленьих пастбищ будут только сокращаться. Поэтому развитие северного оленеводства должно основываться на интенсификации отрасли и в первую очередь на увеличении выхода мясной продукции от каждого животного. К сожалению, этот показатель в оленеводческих хозяйства даже самого передового региона Ямало-Ненецкого АО не превышает 11 ц от 100 оленей. Наши расчеты показывают, что повышение выхода мяса в живой массе до 30 ц от 100 оленей позволяет в 3 раза увеличить производство продукции от современного уровня [2, с. 176].

Важнейшим фактором, определяющим особенности разведения северных оленей, является комплекс внешних природно-климатических воздействий, часть из которых можно назвать экстремальными. Круглогодичное содержание определяет значительные сезонные колебания в уровне и полноценности кормления животных, что также следует учитывать в планах селекционной работы с данным видом.

При оценке изученность влияния различных факторов на мясную продуктивность обращает на себя внимание практически полное отсутствие работ по поиску полиморфизма генов-кандидатов, ассоциированных с данным хозяйственно-полезным признаком. Исключением являются поисковые исследования сотрудников ВНИИГРЖ, в которых они изучают возможности полиморфных вариантов локуса гена гормона роста в популяциях северного оленя [3, с. 12], [4, с. 56].

Анализ микросателлитных профилей групп оленей показал высокое генетическое разнообразие популяций домашних северных оленей ненецкой породы [5, с. 1161], [6, с. 266]. Выявленные отличия популяций, находящихся в разных тундровых биотопах, дают возможность оценивать их как самостоятельные генетические системы. Данные исследования позволяют приступить к решению вопроса рационального использования генетических ресурсов в оленеводческих племенных хозяйствах. Взаимодействие генов и окружающей среды способствует определению факторов среды в развитие фенотипа. При этом не все фенотипические признаки могут моделироваться только на базе идентификации генотипического варианта и уровня воздействия среды без учета взаимодействия генов со средой.

Вместе с тем в корпусе работ по северному оленеводству нет публикаций, посвященных комплексному исследованию влияния наследственных и паратипических факторов на мясную продуктивность вида *Rangifer tarandus* L., а именно знание их особенностей поможет корректировать технологические процессы ведения оленеводства. планировать места выпаса животных, особое внимание обратить на селекционно-генетические параметры повышения продуктивности оленеводства.

**Цель исследований** – изучение различных факторов, определяющих количественные и качественные показатели мясной продуктивности северных оленей.

### Методология и методы исследования (Methods)

Работа выполнена в Северо-Западном центре междисциплинарных исследований проблем продовольственного обеспечения и в оленеводческих хозяйствах Арктической зоны.

Результаты работы основываются на аналитическом, статистическом, экспертном методах и собственных исследованиях авторов во время полевых работ в Ямало-Ненецком автономном округе, Ненецком автономном округе, Таймырском и Эвенкийском муниципальных районах Красноярского края.

Живую массу оленей и массу туши определяли взвешиванием на напольных и динамометрических весах с точностью у взрослых и телят – до 1 кг, у новорожденных – до 0,1 кг. Убойный выход устанавливали как отношение убойной массы туши к предубойной массе животного (в процентах).

### Результаты (Results)

Мясная продуктивность домашних северных оленей играет определяющую роль в экономических показателях отрасли, поскольку является базовым видом товарного производства в оленеводстве. Оленина по своим питательным и биологическим свойствам относится к высокоусвояемым, диетическим видам мяса [3, с. 12], пользующимся значительным спросом как на отечественном, так и на международном рынке. Сохраняет свое значение оленина и в традиционном питании коренных жителей Арктики [5, с. 1161].

Все факторы, определяющие количественные и качественные показатели оленины, можно разделить на наследственные и ненаследственные, или паратипические. К первым относятся порода и генотип, ко вторым – факторы внешней среды: погодно-климатические условия, время года, состояние пастбищ и т. д. Есть факторы условно-паратипические, например, физиологическое состояние животного, которое частично связано с генотипом, частично – с внешней средой, включая антропогенное влияние.

### Наследственные факторы

Важнейшим наследственным фактором, обуславливающим количественные и качественные показатели мясной продуктивности, является породная принадлежность. Из четырех утвержденных пород северных оленей лесная эвенкийская имеет самую большую живую массу и линейные размеры: в зависимости от региона обитания средний живой вес самцов колеблется от 136,3 кг до 168,2 кг, самок – от 108 кг до 122,1 кг. Взрослые самцы из Эвенкийского муниципального района имеют среднюю живую массу 167,50 кг, самки – 119,85 кг [7, с. 134]. Незначительно уступает по своим размерам предыдущей эвенкая порода, ареал которой располагается севернее эвенкийской и достигает тундровой зоны. Средняя живая масса взрослых самцов эвенческой породы – 154,07 кг, убойная масса – 75,17 кг, убойный выход – 48,79 %. У самок эти показатели равны 108,24 кг, 53,0 кг, 49,19 % соответственно.

Заметно уступают по живой и убойной массе таежным оленям породы, разводимые в тундре. Так, средняя живая масса взрослых самцов ненецкой породы составляет 109,45 кг, масса убойная – 56,61 кг, убойный выход – 51,49 %. У самок эти показатели равны 83,72 кг, 43,53 кг,

51,39 % соответственно. Средняя живая масса взрослых самцов чукотской породы [8, с. 28] равна 110, 1 кг, убойная – 59,36 кг, убойный выход – 54,04 %. У самок данные показатели равны 92,50 кг, 49,15 кг, 53,13 % соответственно.

Убойный выход – процентное отношение убойной массы к живой – значительно коррелирует с упитанностью оленей. Самый высокий убойный выход среди северных оленей показывает чукотская порода: самцы – 54,04%, самки – 53,13 %. Эта порода отличается высокими нагульными свойствами, закрепленными в наследственности. Далее по убойному выходу идет ненецкая порода – 51,49 и 51,39 % соответственно. Средний показатель для эвенкийской породы составляет у самцов 48,79 %, у самок – 49,19 %, у эвенской – 49,50 % и 48,33 % соответственно.

Породная характеристика живой и убойной массы оленей, убойного выхода свидетельствует о том, что увеличение производства оленины в известной мере зависит от рационального размещения генетических ресурсов северных оленей. Этот фактор должен учитываться в перспективных планах племенной работы в оленеводстве, при этом породные стандарты по данным показателям должны периодически уточняться и при необходимости корректироваться.

#### Скрещивание

Оно предполагает спаривание животных, принадлежащих к разным породам (кроссбридинг) и внутрипородное (ауткроссинг). Биологическая сущность его – в обогащении и расширении наследственной основы, в новообразовании в породе, повышении крепости конституции животного. В животноводстве различают несколько видов скрещивания, основными являются промышленное (с убоем помесей 1 поколения), вводное (прилитие крови), поглотительное (преобразовательное), воспроизводительное (заводское). Выбор вида скрещивания определяется поставленной целью. При любом виде скрещивания успех зависит от создания условий кормления и содержания, благоприятствующих развитию желательных признаков, от правильного выбора улучшающей породы и соответствующего подбора самцов и самок. Промышленное скрещивание называют простым, если при разведении используют животных двух пород. Именно этот метод про-

мышленного скрещивания используют в оленеводстве. Цель данного метода – получение и реализация на мясо помесей первого поколения, обладающих более высокой мясной продуктивностью.

При разведении «в себе» помесей первого поколения, полученных от скрещивания местных эвенских важенок Республики Саха-Якутия с самцами эвенкийской породы из Иркутской области [9, с. 100], установлено, что помесный молодняк превосходит местных эвенских оленей: при рождении – на 0,2 кг (самцы) и на 1,3 кг (самки); в возрасте 3 месяцев – на 2,1 кг (самцы) и на 6,3 кг (самки); в возрасте 6 месяцев – на 9,3 кг (самцы) и на 10,0 кг (самки). Для помесей характерны более высокие показатели по убойной массе.

Промышленное скрещивание северных оленей было проведено нами в Тазовском районе Ямало-Ненецкого АО, куда самолетами были доставлены две группы самцов из Билибинского района Чукотского автономного округа. В течение трех лет группа местных самок ненецкой породы покрывалась завезенными самцами чукотской породы. В целом телосложение оленей чукотской породы имеет хорошо выраженный мясной тип. Средняя живая масса: самцов в возрасте 5–6 месяцев – 59,5 кг, в 1 год 4 месяца – 83,8 кг, в 2 года 4 месяца – 100,4 кг, в 3 года 4 месяца – 118,1 кг; самок – в возрасте 5–6 месяцев – 56,3 кг, в 1 год 6 месяцев – 76,3 кг, в 2 года 6 месяцев – 87,3 кг, в 3 года 6 месяцев – 93,1 кг. Средний убойный выход по породе – 53–55 %, что значительно выше по сравнению с другими породами. Для туш оленей чукотской породы характерна высокая полномясность.

Помеси первого поколения как самцы, так и самки, показали статистически достоверное превосходство над чистопородными ненецкими аналогами по скорости прироста живой массы и мясной продуктивности в 6- и 18-месячном возрасте (таблица 1).

Приведенные результаты свидетельствуют о том, что скрещивание обуславливает у помесей изменение наследственных породно-продуктивных качеств, биологическом обогащении генотипа помесных организмов лучшей жизнеспособностью, что позволяет в дальнейшем закрепить желательные качества помесей отбором и подбором.

Таблица 1  
Влияние скрещивания важенок ненецкой породы с самцами чукотской породы мясную продуктивность потомства

Пол и возраст животных	Чистопородные ненецкие олени			Помеси 1-го поколения		
	Живая масса, кг	Масса туши, кг	Убойный выход, %	Живая масса, кг	Масса туши, кг	Убойный выход, %
Самцы 6 мес.	55,6 ±	27,3 ±	49,1 ±	58,4 ±	30,2 ±	51,8 ±
Самцы 18 мес.	82,4 ±	40,6 ±	49,2 ±	86,6 ±	43,0 ±	49,7 ±
Самки 6 мес.	51,2 ±	24,8 ±	48,4 ±	54,2 ±	27,8 ±	51,3 ±
Самки 18 мес.	74,8 ±	38,6 ±	51,4 ±	77,2 ±	41,0 ±	53,0 ±

Table 1  
Influence of crossing the Nenets breed with males of the Chukchi breed meat productivity of offspring

Gender and age of animals	Purebred Nenets deer			Crossbreeds of the 1st generation		
	Live weight, kg	Carcass weight, kg	Slaughter exit, %	Live weight, kg	Carcass weight, kg	Slaughter exit, %
Males 6 months	55.6 ±	27.3 ±	49.1 ±	58.4 ±	30.2 ±	51.8 ±
Males 18 months	82.4 ±	40.6 ±	49.2 ±	86.6 ±	43.0 ±	49.7 ±
Females 6 months	51.2 ±	24.8 ±	48.4 ±	54.2 ±	27.8 ±	51.3 ±
Females 18 months	74.8 ±	38.6 ±	51.4 ±	77.2 ±	41.0 ±	53.0 ±

При скрещивании у чукотско-ненецких помесей в первом поколении ярко проявляется (на фоне полноценного кормления и правильного содержания) эффект гетерозиса. Дальнейшее разведение помесей показало, что эффект гетерозиса без прилития крови теряется. Как показывает практика, основным методом разведения в оленеводстве следует считать аутбридинг. Ограниченное использование межпородного скрещивания в северном оленеводстве объясняется как сложной и дорогостоящей логистикой перевозки оленей между регионами, так и проблемами адаптации индуцированных животных к местным природно-климатическим условиям.

Нами был проведен анализ эффективности отбора по живой массе путем определения повторяемости и наследуемости ее у тундровых северных оленей в Ямало-Ненецком автономном округе [2, с. 27]. Был установлен невысокий, но статистически достоверный коэффициент корреляции между живой массой матерей и живой массой их потомства в 6-месячном возрасте. У северных оленей положительно и статистически достоверно связаны между собой живая масса в 6-месячном и живая масса в 1,5-летнем возрасте (+0,61). Между живой массой в 1,5- и 2,5-летнем возрасте коэффициент корреляции сохраняется на среднем уровне (0,40–0,52).

Коэффициент наследуемости живой массы матерей телятами в 6-месячном возрасте, когда проводится первая бонитировка, довольно низок: у самцов 6,0 %, у самок – 3,5 %, что не способствует высокой эффективности селекции по живой массе взрослых самок. Гораздо эффективнее будет отбор по живой массе оленей в 6-месячном возрасте: коэффициент повторяемости данного показателя в 1,5-летнем возрасте у самцов составил 23,1 %, у самок 40,0 % при высокой степени достоверности. Высокое и среднее значение данного коэффициента сохраняется и в возрасте 2,5 года: у самцов – 65,8 %, у самок – 27,0 %. Между живой массой самок в 6 месяцев и 2,5 года повторяемость составила 24,0 %. Еще меньше коэффициент наследуемости живой массы у дочерей в 6-месячном возрасте показателя живой массы матерей в том же возрасте 15,0 %. Этот фактор должен учитываться в перспективных планах племенной работы в оленеводстве, при этом породные стандарты по данным показателям должны периодически уточняться и при необходимости корректироваться.

Дальнейший поиск инновационных методов повышения мясной продуктивности северных оленей затруднен низкой исследованностью генотипических особенностей вида, но появляются работы, в которых сделаны попытки вывода селекции оленей на принципиально новые генетические методы [10], [11, с. 1187]. [12, с. 35], [13, с. 29], [14, с. 45].

#### Паратипические факторы

Северный олень круглый год находится на естественных пастбищах и подвергается всем неблагоприятным воздействиям внешней среды. Природно-климатические факторы являются определяющими, начиная с внутриутробного развития плода и на всем протяжении постнатального развития оленя. Эти факторы имеют значительное влияние и на мясную продуктивность животных. При переводе оленей из одних экологических условий в дру-

гие, например, из тундровой зоны в таежную, живая масса увеличивается на 10–13 кг, убойная – на 4–5 кг [14, с. 45].

Перевозка оленей из материковой тундры на острова Северного Ледовитого океана (о. Врангеля, о. Колгуева) привела к увеличению у животных их живой и убойной массы, убойного выхода. При обратном переводе островных оленей на материк их преимущество по данным показателям теряется, что свидетельствует о его модификационном, а не генетическом характере [15, с. 1183], [16, с. 43].

Большое влияние на мясную продуктивность северных оленей оказывает время года. В бесснежный период у северных оленей основной нагул идет на основе интенсивного потребления зеленых кормов: листьев и травы, а после их увядания главным источником энергетического корма становятся разные виды лишайников. На их добывание из-под снега северный олень тратит значительную энергию, а при нехватке кормов вынужден использовать ресурсы собственного организма, прежде всего белковые и жировые. Поэтому к концу снежного периода живая масса взрослого оленя может снизиться на 20 % от осенних показателей (таблица 2).

Зимне-весеннее недоедание отрицательно сказывается не только на живой массе, но и на физиологическом статусе животных.

#### Физиологическое состояние и болезни

Снижение физиологического статуса животного, поражение оленя болезнью – все это сказывается негативно на его живой массе, мясной продуктивности в целом.

Влияние физиологического состояния оленя на его живую и убойную массу, убойный выход можно иллюстрировать на следующих примерах. В Таймырском муниципальном районе быки-производители перед гоним имеют среднюю живую массу 134,8 кг. После окончания гона их живая масса снижается до 113,2 кг или на 21,6 кг (16,03 %).

Определенные изменения в мясной продуктивности оленей вызывает кастрация самцов. Так, в условиях Эвенкийского муниципального района в период осеннего убоя 1,5-летние кастрированные самцы имеют живую массу 107,40 кг, убойную массу – 54,37 кг, убойный выход – 50,93 %, а некастрированные 1,5-летние самцы – 93,57 кг, 44,65 кг и 47,69 % соответственно.

Особо следует отметить влияние ветеринарно-профилактических мероприятий на мясную продуктивность северных оленей. Наши исследования показали, что ранняя химиотерапия оводовых инвазий не только способствует уничтожению личинок подкожного и носоглоточного оводов, но и повышает мясную продуктивность на 6–7 кг на 1 голову (таблица 3).

#### Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Таким образом, проведенные исследования показали, что все факторы, определяющие количественные и качественные показатели оленины, можно разделить на наследственные и паратипические. К первым относятся порода и генотип. Ко вторым относятся факторы внешней среды: погодные-климатические условия, время года, состояние пастбищ, проведение ветеринарно-профилактических мероприятий и т. д.

Таблица 2  
Динамика изменений живой массы тела оленей в течение года, кг живой массы  
(по данным Мурманской оленеводческой опытной станции, 1972 г.)

Месяц	Быки-кастраты	
	Живая масса, кг	Отношение живой массы данного месяца к предыдущему, %
Январь	118,2	-3,74
Февраль	112,7	-4,65
Март	108,3	-3,90
Апрель	107,9	-0,37
Май	106,2	-1,57
Июнь	108,6	+2,26
Июль	112,2	+3,31
Август	114,1	+1,69
Сентябрь	124,6	+9,20
Октябрь	126,4	+1,44
Ноябрь	124,9	-1,19
Декабрь	122,8	-1,68

Table 2  
Dynamics of changes in the live body weight of reindeer during the year, kg of live weight  
(according to the Murmansk Reindeer Experimental Station, 1972)

Month	Bulls-castrates	
	Live weight, kg	The ratio of live weight of a given month to the previous one, %
January	118.2	-3.74
February	112.7	-4.65
March	108.3	-3.90
April	107.9	-0.37
May	106.2	-1.57
June	108.6	+2.26
July	112.2	+3.31
August	114.1	+1.69
September	124.6	+9.20
October	126.4	+1.44
November	124.9	-1.19
December	122.8	-1.68

Таблица 3  
Влияние ранней химиотерапии оводовых инвазий на живую массу, кг

№ группы	Название препарата	Количество животных	Возраст животных		Привес на 1 голову
			4 мес.	10 мес.	
1	Аверсект-2	5	38,4 ± 1,12	48,3 ± 1,16	9,9 ± 0,23
2	Ивертин	5	36,5 ± 1,08	47,1 ± 1,25	10,7 ± 0,19
3	Гиподектин инъекционный	5	37,8 ± 1,09	47,4 ± 1,23	9,6 ± 0,27
4	Контроль	5	37,3 ± 1,07	41,3 ± 1,09	3,9 ± 0,16

Table 3  
Influence of early chemotherapy of gadfly invasions on live weight, kg

No. groups	Name drug	Number of animals	Age of animals		Weight gain on 1 animal
			4 months	10 months	
1	Aversect-2	5	38.4 ± 1.12	48.3 ± 1.16	9.9 ± 0.23
2	Ivertin	5	36.5 ± 1.08	47.1 ± 1.25	10.7 ± 0.19
3	Injectable hypodectin	5	37.8 ± 1.09	47.4 ± 1.23	9.6 ± 0.27
4	Control	5	37.3 ± 1.07	41.3 ± 1.09	3.9 ± 0.16

Важнейшим наследственным фактором, обуславливающим показатели мясной продуктивности, является породная принадлежность. Олени эвенкийской породы имеют самую большую живую массу и линейные размеры: в зависимости от региона обитания средний живой вес самцов колеблется от 136,3 кг до 168,2 кг, самок – от 108 кг до 122,1 кг. Самый высокий убойный выход среди северных оленей показывает чукотская порода: самцы – 54,04 %, самки – 53,13 %. При скрещивании в первом поколении ярко проявляется (на фоне полноценного кормления и правильного содержания) эффект гетерозиса. Дальнейшее разведение помесей показало, что эффект гетерозиса без прилития крови теряется. Породная характеристика живой и убойной массы оленей, убойного выхода свидетельствует о том, что увеличение производства оленины в известной мере зависит от рационального размещения генетических ресурсов северных оленей. У северных оленей положительно и статистически достоверно связаны между собой живая масса в 6-месячном и живая масса в 1,5-летнем возрасте (+0,61). Коэффициент повторяемости данного показателя в указанный период у самцов составил 23,1 %, у самок 40,0 % при высокой степени достоверности. Этот фактор должен учитываться в перспективных

планах племенной работы в оленеводстве, при этом породные стандарты по данным показателям должны периодически уточняться и при необходимости корректироваться.

Из паратипических факторов природно-климатические факторы являются определяющими, начиная с внутриутробного развития плода и на всем протяжении постнатального развития оленя. Особо следует отметить положительное влияние ветеринарно-профилактических мероприятий на мясную продуктивность северных оленей.

В заключение следует отметить, что внедрение в течение года планового комплекса организационно-хозяйственных и зооветеринарных мероприятий с учетом передовых приемов по содержанию и выпасу оленей и определяет уровень ведения отрасли. Каждое оленеводческое хозяйство имеет неиспользованные резервы и может значительно увеличить производство оленины. Знание основных факторов, влияющих на величину таких показателей мясной продуктивности как живая масса, масса туши, убойный выход, позволяет организовать работу с оленями более целенаправленно и реализовать возможности увеличения производства мяса домашних северных оленей в 1,5 раза и более.

#### Библиографический список

1. Лукин Ю. Ф. Обеспечение безопасности и устойчивого развития Арктического региона, сохранение экосистем и традиционного образа жизни коренного населения Арктики // Арктика и Север. 2015. № 21. С. 190–197. DOI: 10.17238/issn2221---2698.2015.21.190.
2. Лайшев К. А., Южаков А. А., Романенко Т. М., Деттер Г. Ф., Зуев С. М. Современные методы исследований и модели в северном оленеводстве. Салехард: «Северное издательство», 2019. 224 с.
3. Крутикова А. А., Дементьева Н. В., Митрофанова О. В., Никиткина Е. В. Полиморфные варианты локуса гена гормона роста и неравновесие по сцеплению в популяциях дикого и домашнего северного оленя // Генетика и разведение животных. 2018. № 1. С. 11–16. DOI: 10.31043/2410-2733-2018-1-3-10.
4. Крутикова А. А., Дементьева Н. В., Митрофанова О. В., Никиткина Е. В. Анализ полиморфизма гена соматотропина у дикого и домашнего северного оленя Арктической зоны России // TerraАрктика-2018: Биологические ресурсы и рациональное природопользование: материалы IV Международной научно-практической конференции. Санкт-Петербург, 2018. С. 56–57.
5. Денискова Т. Е., Харзинова В. Р., Доцев А. В., Соловьева А. Д., Романенко Т. М., Южаков А. А., Лайшев К. А., Зиновьева Н. А. Генетическая характеристика региональных популяций ненецкой породы северного оленя (*Rangifer tarandus*) // Сельскохозяйственная биология. Москва, 2018. Т. 53. № 6. С. 1152–1161. DOI: 10.15389/agrobiology.2018.6.1152rus.
6. Dotsev A. V., Kharzinova V. R., Romanenko T. M., Laishev K. A., Brem G. G., Nikitkina E. V., Zinovieva N. A. Microsatellite-based heterozygosity-fitness correlations in reindeer // Journal of Animal Science. 2019. Т. 97. No. 53. P. 266.
7. Южаков А. А. Возрастные изменения пищевой ценности мяса домашних северных оленей // Генетика и разведение животных. 2018. № 2. С. 129–134. DOI: 10.31043/2410-2733-2018-2-129-134.
8. Роббек Н. С., Барашкова А. И., Решетников А. Д., Румянцева Т. Д., Саввин Р. Г. Роль оленины в питании коренного населения Севера // Аграрный вестник Урала. 2015. № 9 (139). С. 25–29.
9. Южаков А. А. Породный состав и проблемы селекции домашних северных оленей // Генетика и разведение животных. 2018. № 1. С. 96–101. DOI: 10.31043/2410-2733-2018-1-96-101.
10. Брызгалов Г. Я. Основные направления селекционно-племенной работы с чукотской породой северных оленей // Сельскохозяйственные науки и агропромышленный комплекс на рубеже веков. 2017. Вып. 19. С. 55–64.
11. Ильина Л. А., Лайшев К. А., Йылдырым Е. А., Филиппова В. А., Дуняшев Т. П., Дубровин А. В., Соболев Д. В., Новикова Н. И., Лаптев Г. Ю., Южаков А. А., Романенко Т. М., Вылко Ю. П. Место обитания как определяющий фактор формирования микробиома рубца у северных оленей в Арктической России // Сельскохозяйственная биология. 2019. Т. 54. № 6. С. 1177–1187.
12. Крутикова А. А., Дементьева Н. В., Митрофанова О. В. Перспективные гены для улучшения показателей мясной продуктивности в оленеводстве // Генетика и разведение животных. 2017. № 1. С. 31–35.
13. Лайшев К. А., Южаков А. А., Юдин А. А. [и др.] Результаты комплексных исследований по созданию племенного оленеводства на Полярном Урале (итоги работы и перспективы) // Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа. 2019. № 1 (102). С. 21–30. DOI: 10.26110/ARCTIC.2019.102.1.003.

14. Мухачев А. Д. Два важных фактора повышения продуктивности северного оленеводства // Решение актуальных проблем продовольственной безопасности Крайнего Севера: сборник статей, посвященный 90-летию создания Мурманской государственной сельскохозяйственной опытной станции. Мурманск, 2016. С. 43–45.

15. Доцев А. В., Романенко Т. М., Харзинова В. Р., Соловьева А. Д., Лайшев К. А., Брем Г., Зиновьева Н. А. Фенотипические и генотипические особенности популяции северного оленя ненецкой породы // Сельскохозяйственная биология. 2017. Т. 52. № 6. С. 1175–1183. DOI: 10.15389/agrobiology.2017.6/1175rus.

16. Романенко Т. М., Харзинова В. Р., Лайшев К. А. Сравнительная характеристика микропопуляций северных оленей ненецкой породы Малоземельской тундры НАО // Генетика и разведение животных. 2020. № 2. С. 37–43. DOI: 10.31043/2410-2733-2020-2-37-43.

#### Об авторах:

Александр Александрович Южаков<sup>1</sup>, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник, ORCID 0000-0002-0633-4074, AuthorID 852660

Касим Анверович Лайшев<sup>1</sup>, доктор ветеринарных наук, профессор, член-корреспондент РАН, главный научный сотрудник, ORCID 0000-0003-2490-6942, AuthorID 364515; +7 911 732-38-28, [layshev@mail.ru](mailto:layshev@mail.ru)

Василий Александрович Забродин<sup>1</sup>, доктор биологических наук, профессор, академик РАН, главный научный сотрудник, ORCID 0000-0002-1911-4628, AuthorID 159313

<sup>1</sup> Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук, Пушкин, Россия

## The influence of genetic and paratypical factors on the meat productivity of domesticated reindeer

A. A. Yuzhakov<sup>1</sup>, K. A. Laishev<sup>1</sup>✉, V. A. Zabrodin<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Saint Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Pushkin, Russia

✉ E-mail: [layshev@mail.ru](mailto:layshev@mail.ru)

**Abstract. Purpose.** Study of various factors that determine quantitative and qualitative indicators of meat productivity of reindeer. **Methods.** The results are based on analytical, statistical, expert methods and the authors own research. **Results.** The analysis of the breed characteristics of live and slaughtered mass of deer, slaughter yield shows that the increase in production of venison to a certain extent depends on the rational allocation of genetic resources of reindeer. As practice shows, the main method of breeding in reindeer husbandry should be considered outbreeding. The limited use of interbreeding in reindeer husbandry is explained both by the complex and expensive logistics of transporting reindeer between regions, and by the problems of adapting induced animals to local natural and climatic conditions. Of the paratypical factors, natural and climatic ones are the determining ones. During the snow-free period, the main feeding of reindeer is based on intensive consumption of green food: leaves and grass. By the end of the snow period, the live weight of an adult deer may decrease by 20 % from the autumn indicators. Particularly noteworthy is the impact of veterinary and preventive measures on the meat productivity of reindeer. Early chemotherapy of gadfly infestations increases meat productivity by 6–7 kg per 1 head. **Scientific novelty.** Found that the most important genetic factor for the indices of meat productivity is the breed, climatic factors are decisive, starting with fetal development and throughout postnatal development of the deer, the decrease in physiological status of the animal, the defeat of the deer disease has a negative effect on live weight, meat productivity. The results of the research can be used in the technology of reindeer husbandry in order to increase the meat productivity of animals.

**Keywords:** reindeer husbandry, reindeer breeds, meat productivity, genetic resources, interbreeding, inheritance coefficient.

**For citation:** Yuzhakov A. A., Laishev K. A., Zabrodin V. A. Vliyanie nasledstvennykh i paratipicheskikh faktorov na myasnyuyu produktivnost' domashnikh severnykh oleney [The influence of genetic and paratypical factors on the meat productivity of domesticated reindeer] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2020. No. 11 (202). Pp. 93–100. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-202-11-93-100. (In Russian.)

**Paper submitted:** 16.07.2020.

#### References

1. Lukin Yu. F. Obespechenie bezopasnosti i ustoychivogo razvitiya Arkticheskogo regiona, sokhranenie ekosistem i tradicionnogo obraza zhizni korennykh naseleniya Arktiki [Ensuring the security and sustainable development of the Arctic region, preserving ecosystems and the traditional way of life of the indigenous population of the Arctic] // Arctic and North. 2015. No. 21. Pp. 190–197. DOI: 10.17238/issn2221---2698.2015.21.190. (In Russian.)

2. Layshev K. A., Yuzhakov A. A., Romanenko T. M., Detter G. F., Zuev S. M. Sovremennyye metody issledovaniy i modeli v severnom olenovodstve [Modern research methods and models in reindeer husbandry] // Salekhard: "Severnoe izdatel'stvo", 2019. 224 p. (In Russian.)
3. Krutikova A. A., Dement'eva N. V., Mitrofanova O. V., Nikitkina E. V. Polimorfnye varianty lokusa gena gormona rosta i neravnovesie po stsepleniyu v populyatsiyakh dikogo i domashnego severnogo olenya [Polymorphic variants of the locus of the growth hormone gene and linkage disequilibrium in the populations of wild and domestic reindeer] // Genetics and animal breeding. 2018. No. 1. Pp. 11–16. DOI: 10.31043/2410-2733-2018-1-3-10. (In Russian.)
4. Krutikova A. A., Dement'eva N. V., Mitrofanova O. V., Nikitkina E. V. Analiz polimorfizma gena somatropina u dikogo i domashnego severnogo olenya Arkticheskoy zony Rossii [Analysis of somatropin gene polymorphism in wild and domestic reindeer of the Arctic zone of Russia] // TerraArktika-2018: Biologicheskie resursy i ratsional'noe prirodopol'zovanie: materialy IV Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Saint Petersburg, 2018. Pp. 56–57. (In Russian.)
5. Deniskova T. E., Kharzinova V. R., Dotsev A. V., Solov'eva A. D., Romanenko T. M., Yuzhakov A. A., Layshev K. A., Zinov'eva N. A. Geneticheskaya kharakteristika regional'nykh populyatsiy nenetskoy porody severnogo olenya (*Rangifer tarandus*) [Genetic characteristics of regional populations of nenets reindeer breed (*Rangifer tarandus*)] // Agricultural Biology. M, 2018. T.53. No. 6. Pp. 1152-1161. DOI:10.15389/agrobiology.2018.6.1152rus. (In Russian.)
6. Dotsev A. V., Kharzinova V. R., Romanenko T. M., Laishev K. A., Brem G. G., Nikitkina E. V., Zinovieva N. A. Microsatellite-based heterozygosity-fitness correlations in reindeer // Journal of Animal Science. 2019. T. 97. No. 53. P. 266.
7. Yuzhakov A. A. Vozrastnye izmeneniya pishchevoy tsennosti myasa domashnikh severnykh oleney [Age-related changes in meat quality domesticated reindeer] // Genetics and animal breeding. 2018. No. 2. Pp. 129–134. DOI: 10.31043/2410-2733-2018-2-129-134. (In Russian.)
8. Robbek N. S., Barashkova A. I., Reshetnikov A. D., Rumyantseva T. D., Savvin R. G. Rol' oleniny v pitanii korennoy naseleniya Severa [The role of venison in nutrition of the north natives] // Agrarian bulletin of the Urals. 2015. No. 9 (139). Pp. 25–29. (In Russian.)
9. Yuzhakov A. A. Porodnyy sostav i problemy selektsii domashnikh severnykh oleney [Breed composition and problems breeding of domesticated reindeer] // Genetics and animal breeding. 2018. No. 1. Pp. 96–101. DOI: 10.31043/2410-2733-2018-1-96-101. (In Russian.)
10. Bryzgalov G. Ya. Osnovnye napravleniya selektsionno-plemennoy raboty s chukotskoy porodoy severnykh oleney [The main directions of selection and breeding work with the Chukchi breed of reindeer] // Sel'skokhozyaystvennyye nauki i agroprymyshlennyy kompleks na rubezhe vekov. 2017. Vol. 19. Pp. 55–64. (In Russian.)
11. Il'ina L. A., Layshev K. A., Yyldyrym E. A., Filippova V. A., Duniyashev T. P., Dubrovin A. V., Sobolev D. V., Novikova N. I., Laptev G. Yu., Yuzhakov A. A., Romanenko T. M., Vylko Yu. P. Mesto obitaniya kak opredelyayushchiy faktor formirovaniya mikrobioma rubtsa u severnykh oleney v Arkticheskoy Rossii [Habitat as a determining factor for the reindeer rumen microbiome formation in Russian Arctic] // Agricultural Biology. 2019. Vol. 54. No. 6. Pp. 1177–1187. (In Russian.)
12. Krutikova A. A., Dement'eva N. V., Mitrofanova O. V. Perspektivnye geny dlya uluchsheniya pokazateley myasnoy produktivnosti v olenovodstve [Prospective genes for improving meat productivity indicators in reindeer] // Genetics and animal breeding. 2017. No. 1. Pp. 31–35. (In Russian.)
13. Layshev K. A., Yuzhakov A. A., Yudin A. A., et al. Rezul'taty kompleksnykh issledovaniy po sozdaniyu plemennogo olenovodstva na Polyarnom Urale (itogi raboty i perspektivy) [Results of comprehensive research on the creation of reindeer breeding in the polar Urals (results and prospects)] // Nauchnyy vestnik Yamalo-Nenetskogo avtonomnogo okruga. 2019. No. 1 (102). Pp. 21–30. DOI: 10.26110/ARCTIC.2019.102.1.003. (In Russian.)
14. Muhachev A. D. Dva vazhnykh faktora povysheniya produktivnosti severnogo olenovodstva // Reshenie aktual'nykh problem prodovol'stvennoy bezopasnosti Kraynego Severa: sbornik statey, posvyashchennyy 90-letiyu sozdaniya Murmanskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy opytной stantsii. Murmansk, 2016. Pp. 43–45. (In Russian.)
15. Dotsev A. V., Romanenko T. M., Kharzinova V. R., Solov'eva A. D., Layshev K. A., Brem G., Zinovieva N. A. Fenotipicheskie i genotipicheskie osobennosti populyatsii severnogo olenya nenetskoy porody [Phenotypic and genotypic features of the Nenets reindeer population] // Agricultural Biology. 2017. Vol. 52. No. 6, Pp. 1175–1183. DOI: 10.15389/agrobiology.2017.6/1175rus. (In Russian.)
16. Romanenko T. M., Kharzinova V. R., Layshev K. A. Sravnitel'naya kharakteristika mikropopulyatsiy severnykh oleney nenetskoy porody Malozemel'skoy tundry NAO [Characteristics of micropopulation of the nenets reindeer of malozemelskaya tundra NAO] // Genetics and animal breeding. 2020. No. 2. Pp. 37–43. DOI: 10.31043/2410-2733-2020-2-37-43-43. (In Russian.)

#### Authors' information:

Aleksandr A. Yuzhakov<sup>1</sup>, doctor of agricultural sciences, chief researcher, ORCID 0000-0002-0633-4074, AuthorID 852660  
 Kasim A. Laishev<sup>1</sup>, doctor of veterinary science, professor, corresponding member of the Russian Academy of Sciences, chief researcher, ORCID 0000-0003-2490-6942, AuthorID 364515; +7 911 732-38-28; [layshev@mail.ru](mailto:layshev@mail.ru)  
 Vasilii A. Zabrodin<sup>1</sup>, doctor of biological sciences, professor, academician of the Russian Academy of Sciences, chief researcher, ORCID 0000-0002-1911-4628, AuthorID 159313

<sup>1</sup> Saint Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Pushkin, Russia

**Учредитель и издатель:**

**Уральский государственный аграрный университет**

**Адрес учредителя, издателя и редакции:**

**620075, Россия, г. Екатеринбург, ул. К. Либкнехта, д. 42**



**Founder and publisher:**

**Ural State Agrarian University**

**Address of founder, publisher and editorial board:**

**620075, Russia, Ekaterinburg, 42 K. Liebknecht str.**

**Подписной индекс 16356 в объединенном каталоге «Пресса России»**

**Редакция журнала:**

*A. B. Ручкин* – кандидат социологических наук, шеф-редактор

*O. A. Багрецова* – ответственный редактор

*A. B. Ерофеева* – редактор

*N. A. Предеина* – верстка, дизайн

**Editorial:**

*A. V. Ruchkin* – candidate of sociological sciences, chief editor

*O. A. Bagretsova* – executive editor

*A. V. Erofeeva* – editor

*N. A. Predeina* – layout, design

Учредитель и издатель: Уральский государственный аграрный университет.

Адрес учредителя, издателя и редакции: 620075, Россия, г. Екатеринбург, ул. К. Либкнехта, д. 42.

Ответственный редактор: факс (343) 350-97-49.

*E-mail*: [agro-ural@mail.ru](mailto:agro-ural@mail.ru) (для материалов).

Издание зарегистрировано в Министерстве Российской Федерации по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций.

Все публикуемые материалы проверяются в системе «Антиплагиат».

Свидетельство о регистрации ПИ № 77-12831 от 31 мая 2002 г.

Оригинал-макет подготовлен в Издательстве Уральского аграрного университета.

620075, г. Екатеринбург, ул. К. Либкнехта, д. 42.

Отпечатано в ООО Универсальная типография «Альфа Принт».

20049, г. Екатеринбург, пер. Автоматики, д. 2Ж.

Подписано в печать: 10.11.2020 г. Усл. печ. л. 12. Авт. л. 10,8.

Тираж: 2000 экз. Цена: в розницу свободная.

