

ISSN 2500-2082

Номер 4

Июль–Август 2024

Научно-теоретический журнал

# ВЕСТНИК РОССИЙСКОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ НАУКИ

[www.vestnik-rsn.ru](http://www.vestnik-rsn.ru)

DOI: 10.31857



НАУКА  
— 1727 —

$$Z_m^T(y, h) = P_m W(X_m(y, h))$$

$$F = -D \frac{dc}{dx} \approx -D \frac{c_2 - c_1}{l}$$

$$P = (m/n) \cdot x \cdot 100\%$$

Рисунки к статье Лиховского В.В. и др.  
«Становление научной школы  
по генетическим ресурсам, селекции  
и генетики винограда в России от  
Н.И. Вавилова до настоящих дней»  
(стр. 63)

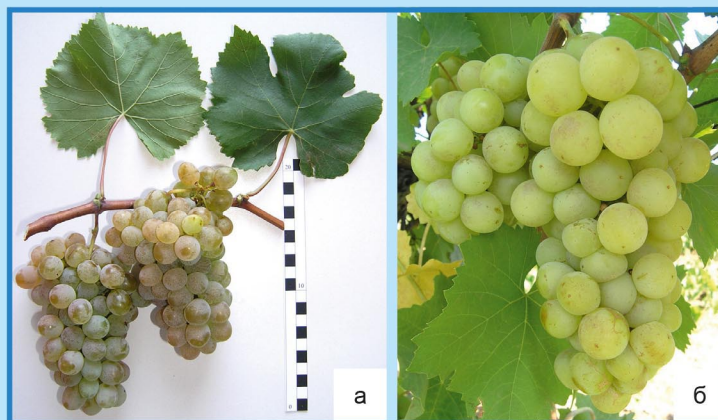


Рис. 4. Селекционные сорта винограда:  
а – *Аврора Магарача*, б – *Поливитис Магарача*.

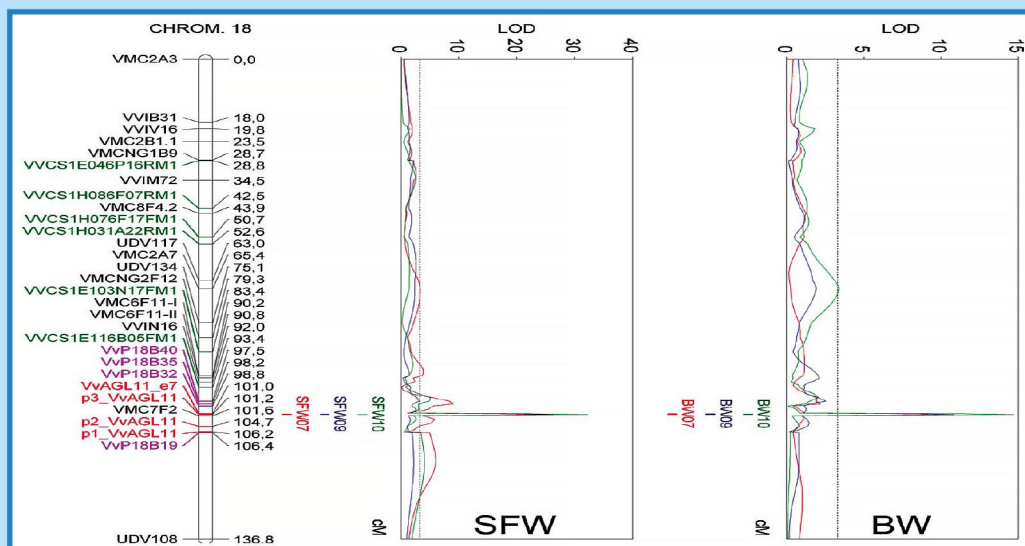


Рис. 7. Маркер ассоциированная селекция (MAS) винограда на бессемянность.

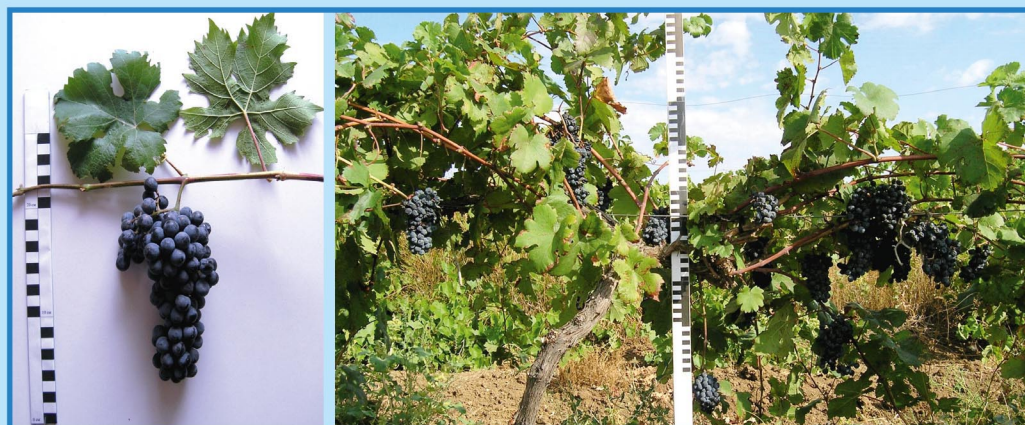


Рис. 8. Новый сорт винограда селекции института «Магарач» *Кефесия Магарача*.

Диаграмма к статье Иванова Д.А. и др. «Зависимость продуктивности многолетних трав от ландшафтных и климатических условий» (стр. 30)

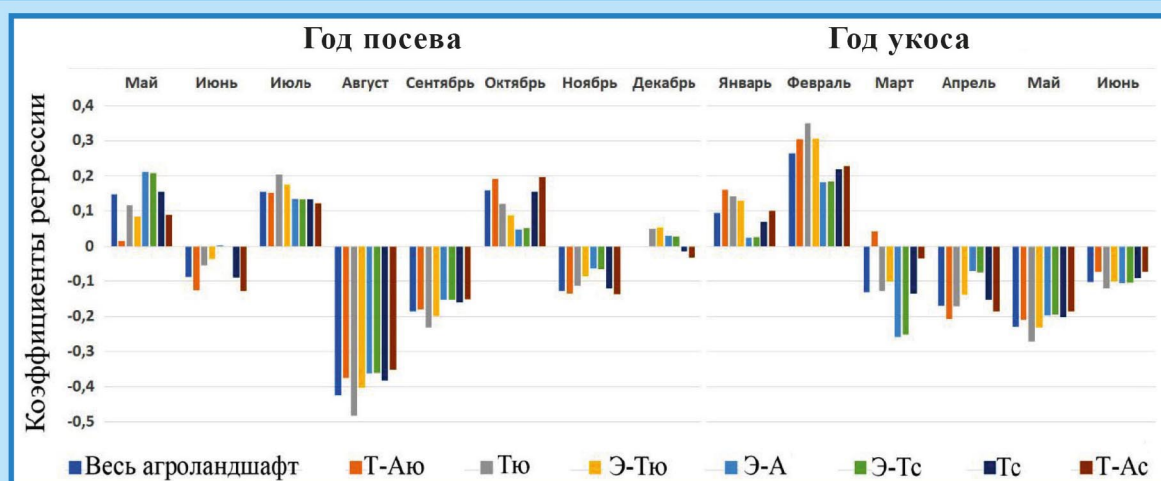


Рис. 2. Влияние амплитуды температур на урожайность многолетних трав в различных частях агроландшафта.

НАУЧНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ  
ВЕСТНИК РОССИЙСКОЙ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ НАУКИ

SCIENTIFIC-THEORETICAL JOURNAL  
VESTNIK OF THE RUSSIAN AGRICULTURAL SCIENCE

№ 4 — Июль — Август 2024  
July – August

Издается с января 1992 года. Выходит 6 раз в год.  
ISSN 2500-2082

© Российская академия наук, 2024  
© «Вестник российской сельскохозяйственной науки», 2024

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР  
академик РАН Н.К. Долгушкин

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:  
академики РАН

**Авидзба А.М.** (Национальный НИИ винограда и вина «Магарач»),  
**Баутин В.В.** (ВИАПИ имени А.А. Никонова – ФГБНУ ФНЦ ВНИИЭСХ), **Горлов И.Ф.** (Поволжский НИИ производства и переработки мясомолочной продукции), **Иванов А.Л.** (Почвенный институт имени В.В. Докучаева), **Измайлов А.Ю.** (Федеральный научный агроинженерный центр РАН), **Каракотов С.Д.** (АО «Щелково Агрохим»), **Кашеваров Н.И.** (Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН), **Кулик К.Н.** (Федеральный научный центр агроэкологии РАН), **Ван Мансвелт Ян** (Нидерланды), **Петров А.Н.** (Всероссийский НИИ технологий консервирования), **Попов В.Д.** (Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства), **Савченко И.В.** (Всероссийский НИИ лекарственных и ароматических растений), **Синеговская В.Т.** (Всероссийский НИИ сои), **Фисинин В.И.** (Федеральный научный центр «ВНИТИП» РАН), **Якушев В.П.** (Агрофизический НИИ)

члены-корреспонденты РАН  
**Асеева Т.А.** (Хабаровский ФИЦ ДВО РАН Дальневосточный НИИСХ), **Багиров В.А.** (Департамент координации деятельности организаций в сфере сельскохозяйственных наук Министерства науки и высшего образования РФ)

ОТВЕТСТВЕННЫЙ РЕДАКТОР – С.Л. Сенина

Журнал в виде отдельной базы данных Russian Science Citation Index (RSCI) размещен на платформе Web of Science. Зарегистрирован в Российском индексе научного цитирования (РИНЦ) и в Международной информационной системе Agris, а также включен в перечень изданий, рекомендованных ВАК РФ для публикации трудов соискателей ученых степеней кандидата и доктора наук, отнесен к первой категории (К1) журналов.

Полные тексты статей размещаются на сайте научной электронной библиотеки: [elibrary.ru](http://elibrary.ru)

Адрес: 119334, Москва, Ленинский проспект, д. 32 А,  
Отделение сельскохозяйственных наук РАН, оф. 1023  
Тел.: 8 (495) 938-17-51, 8 (916) 504-79-50  
E-mail: [vrsn@vestnik-rsn.ru](mailto:vrsn@vestnik-rsn.ru)  
Website: [www.vestnik-rsn.ru](http://www.vestnik-rsn.ru)

Published January 1992. Published 6 times a year.  
ISSN 2500-2082

EDITOR  
Academician of the RAS N.K. Dolgushkin

EDITORIAL BOARD:  
Academician of the RAS

**Avidzba A.M.** (National Institute of Vine and Wine “Magarach”),  
**Bautin V.V.** (A.A. Nikonov All-Russian Institute of Agrarian Problems and Informatics – Branch of the FSBSI “FSC For Agrarian Economics and Social Development of Rural Territories – All-Russian Scientific Research Institute of Agricultural Economics”), **Gorlov I.F.** (Povolzhskiy (Volga) Research Institute of Production and Processing of Meat and Dairy Products), **Ivanov A.L.** (Soil Institute named after V. V. Dokuchayev), **Izmajlov A.Ju.** (Federal Scientific Agroengineering center RAS), **Karakotov S.D.** (JSC “Shchelkovo Agrokhim”), **Kashevarov N.I.** (Siberian Federal Scientific center of Agrobiotechnology of RAS), **Kulik K.N.** (Federal Scientific center of Agroecology RAS), **J.D. van Mansvelt** (Netherlands), **Petrov A.N.** (All-Russian Research Institute of Canning Technology), **Popov V.D.** (Institute of Agroengineering and environmental problems of agricultural production), **Savchenko I.V.** (All-Russian Research Institute of Medicinal and Aromatic Plants), **Sinegovskaya V.T.** (All-Russian Research Institute of Soy), **Fisinin V.I.** (Federal Scientific Center “VNITIP” RAS), **Yakushev V.P.** (Agrophysical Research Institute)

Corresponding member of the RAS  
**Aseeva T.A.** (Khabarovsk FRC FEB RAS Far Eastern Agricultural Institute), **Bagirov V.A.** (Department of coordination of organizations in the field of agricultural Sciences of the Ministry of science and higher education of the Russian Federation)

EXECUTIVE EDITOR – S.L. Senina

The journal is in a separate database of RSCI posted on the Web of Science platform. Registered in the Russian science citation index (RSCI) and the International information system Agris.

Full texts of articles are placed on the website of electronic library: [elibrary.ru](http://elibrary.ru)

Address: 119334, Moscow, Leninsky prospekt, 32 A,  
Department of Agricultural Sciences of the RAS, of. 1023  
Tel.: +7 (495) 938 17-51, +7 (916) 504-79-50  
E-mail: [vrsn@vestnik-rsn.ru](mailto:vrsn@vestnik-rsn.ru)  
Website: [www.vestnik-rsn.ru](http://www.vestnik-rsn.ru)



# Содержание / Contents

## РАСТЕНИЕВОДСТВО И СЕЛЕКЦИЯ / CROP PRODUCTION AND SELECTION

- \* — К III МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ «РЯДОМ С Н.И. ВАВИЛОВЫМ – НАУЧНЫЕ ШКОЛЫ РОССИИ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СТРАНЫ» (17–20 ИЮНЯ 2024 Г.) / IN THE III INTERNATIONAL SCIENTIFIC-PRACTICAL CONFERENCE “NEAR N.I. VAVILOV – SCIENTIFIC SCHOOLS OF RUSSIA ON ENSURING FOOD AND ECOLOGICAL SECURITY” (JUNE 17–20, 2024)
- 4** Кокорева В.Г., Гладышева О.В., Барковская Т.А. / Kokoreva V.G., Gladysheva O.V., Barkovskaya T.A.  
ИЗУЧЕНИЕ КОЛЛЕКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ ПО ЭЛЕМЕНТАМ СТРУКТУРЫ КОЛОСА И КАЧЕСТВА ЗЕРНА / RESEARCH OF A SPRING SOFT WHEAT COLLECTION MATERIAL BASED ON EAR'S STRUCTURE AND GRAIN QUALITY ELEMENTS
- 9** Шихмуратов А.З., Магомедов М.М. / Shikhmuradov A.Z., Magomedov M.M.  
ПШЕНИЦА ТВЕРДАЯ ИЗ СТРАН СЕВЕРНОЙ АФРИКИ (АЛЖИР, МАРОККО, ТУНИС, ЕГИПЕТ) В УСЛОВИЯХ ЮЖНОЙ ПЛОСКОСТНОЙ ЗОНЫ РЕСПУБЛИКИ ДАГЕСТАН / DURUM WHEAT FROM NORTH AFRICAN COUNTRIES (ALGERIA, MOROCCO, TUNISIA, EGYPT) IN THE SOUTHERN PLANAR ZONE OF THE DAGESTAN REPUBLIC CONDITIONS
- 13** Сурин Н.А., Герасимов С.А., Липшин А.Г. и др. / Surin N.A., Gerasimov S.A., Lipshin A.G. et al.  
ВЛИЯНИЕ ДЕФИЦИТА АЗОТА НА РОСТ И РАЗВИТИЕ ЯРОВОГО ДВУРЯДНОГО ЯЧМЕНЯ, ВЫРАЩЕННОГО В УСЛОВИЯХ СВЕТКУЛЬТУРЫ / THE NITROGEN DEFICIENCY INFLUENCE ON THE GROWTH AND DEVELOPMENT OF SPRING TWO-NUCLEAR BARLEY VARIETIES GROWN UNDER PHOTOCULTURE CONDITIONS
- 22** Татаренко И.Ю., Якименко М.В., Сорокина А.И. / Tatarenko I.Yu., Yakimenko M.V., Sorokina A.I.  
ВЛИЯНИЕ РИЗОБИЙ СОИ НА ПОСЕВНЫЕ КАЧЕСТВА СЕМЯН СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР / THE INFLUENCE OF SOYBEAN RHIZOBIA ON THE AGRICULTURAL SEEDS SOWING QUALITIES
- 30** Иванов Д.А., Хархардинов Н.А., Курпас К.С. / Ivanov D.A., Kharhardinov N.A., Kurpas K.S.  
ЗАВИСИМОСТЬ ПРОДУКТИВНОСТИ МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ ОТ ЛАНДШАФТНЫХ И КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ / CORRELATION BETWEEN PERENNIAL GRASS PRODUCTIVITY AND LANDSCAPE AND CLIMATIC CONDITIONS
- \* **35** Темирбекова С.К., Куликов И.М., Афанасьева Ю.В. и др. / Temirbekova S.K., Kulikov I.M., Afanasyeva Yu.V. et al.  
ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ САФЛОРА КРАСИЛЬНОГО В РОССИИ, КАЗАХСТАНЕ И ТАДЖИКИСТАНЕ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ / ECOLOGICAL STUDY OF FALSE SAFFRON IN RUSSIA, KAZAKHSTAN AND TAJIKISTAN TO ENSURE FOOD SECURITY
- 46** Замятин С.А., Максимова Р.Б. / Zamyatin S.A., Maksimova R.B.  
ВИДОВОЙ СОСТАВ СОРНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ В РАЗЛИЧНЫХ СЕВООБОРОТАХ РЕСПУБЛИКИ МАРИЙ ЭЛ / SPECIES COMPOSITION OF WEEDS IN VARIOUS CROP ROTATIONS OF THE MARI EL REPUBLIC
- 50** Салимов В.С., Грехова И.В., Асадуллаев Р.А. и др. / Salimov V.S., Grekhova I.V., Asadullaev R.A. et al.  
ВЛИЯНИЕ ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ НА ПОКАЗАТЕЛИ КОЛИЧЕСТВА И КАЧЕСТВА СТОЛОВЫХ СОРТОВ ВИНОГРАДА В УСЛОВИЯХ АПСХЕРОНСКОГО ПОЛУОСТРОВА / THE HUMIC ACIDS INFLUENCE ON THE QUANTITY AND QUALITY OF TABLE GRAPE VARIETIES UNDER THE ABSHERON PENINSULA CONDITIONS
- 55** Абиляфазова Ю.С. / Abilfazova Yu.S.  
РЕАКЦИЯ РАСТЕНИЙ АКТИНИДИИ ДЕЛИКАТЕСНОЙ НА АБИОТИЧЕСКИЙ СТРЕСС В СУБТРОПИЧЕСКОЙ ЗОНЕ РОССИИ / RESPONSE OF ACTINIDIA DELICIOSA PLANTS TO ABIOTIC STRESS IN THE RUSSIAN SUBTROPICAL ZONE
- 59** Семин И.В. / Semin I.V.  
АГРОТЕХНИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА СЕМЕННЫХ ПОДВОЕВ В ПИТОМНИКЕ / AGROTECHNICAL PRACTICES FOR IMPROVING THE QUALITY OF SEED STOCKS IN THE NURSERY
- \* **63** Лиховской В.В., Волюнkin В.А., Полулях А.А. и др. / Likhovskoy V.V., Volynkin V.A., Polulyakh A.A. et al.  
СТАНОВЛЕНИЕ НАУЧНОЙ ШКОЛЫ ПО ГЕНЕТИЧЕСКИМ РЕСУРСАМ, СЕЛЕКЦИИ И ГЕНЕТИКИ ВИНОГРАДА В РОССИИ ОТ Н.И. ВАВИЛОВА ДО НАСТОЯЩИХ ДНЕЙ / FORMATION OF A SCIENTIFIC SCHOOL ON GENETIC RESOURCES, SELECTION AND GENETICS OF GRAPES IN RUSSIA FROM N.I. VAVILOV TO THE PRESENT DAY
- 69** Захаров В.Л., Бунеев С.С., Шубкин С.Ю. и др. / Zakharov V.L., Buneev S.S., Shubkin S.Yu. et al.  
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ УРОЖАЙНОСТИ ЯБЛОНИ НА ПОДВОЕ 62-396 / MATHEMATICAL MODEL FOR PREDICTING THE YIELD OF APPLE TREES ON ROOTSTOCK 62-396
- 72** Апашева Л.М., Савранский В.В., Будник М.И. и др. / Apasheva L.M., Savransky V.V., Budnik M.I. et al.  
БИОЛОГИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ ДВУХЧАСТОТНОГО ЛАЗЕРНОГО ИМПУЛЬСНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПРИ ПРЕПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКЕ СЕМЯН РИСА НА РАННИХ СТАДИЯХ РАЗВИТИЯ В СТРЕССОВЫХ УСЛОВИЯХ СРЕДЫ / BIOLOGICAL EFFECT OF DUAL-FREQUENCY LASER PULSE RADIATION DURING PRE-SOWING TREATMENT OF RICE SEEDS AT EARLY STAGES OF DEVELOPMENT UNDER STRESSFUL ENVIRONMENTAL CONDITIONS



- \* **77** Пышная О.Н., Гуркина Л.К., Пинчук Е.В. / Pyshnaya O.N., Gurkina L.K., Pinchuk E.V.  
ШКОЛА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СЕЛЕКЦИИ АКАДЕМИКА РАН В.Ф. ПИВОВАРОВА / SCHOOL OF ECOLOGICAL SELECTION OF ACADEMICIAN OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES V.F. PIVOVAROVA
- \* **81** Захарова О.А., Кучер О.Д. / Zakharova O.A., Kucher O.D.  
СОХРАННОСТЬ КОЛЛЕКЦИИ СЕМЯН В ГОДЫ ВЕЛИКОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ВОЙНЫ / PRESERVATION OF THE SEED COLLECTION DURING THE GREAT PATRIOTIC WAR
- \* **84** Климаков Н.И., Кучер Д.Е. / Klimakov N.I., Kucher D.E.  
СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВЕ / MODERN METHODS FOR DETERMINING HEAVY METALS IN SOIL
- ВЕТЕРИНАРИЯ / VETERINARY SCIENCE
  - 90** Евглевский А.А., Шуклин С.И. / Evglevsky A.A., Shuklin S.I.  
В<sub>12</sub> НЕДОСТАТОЧНОСТЬ: ЖИЗНЕННО ЗНАЧИМЫЕ АСПЕКТЫ И КЛИНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ СУКЦИНАТ СОДЕРЖАЩЕГО ЦИАНОКОБАЛАМИНА / В<sub>12</sub> DEFICIENCY: VITAL ASPECTS AND VALID CLINICAL APPLICABILITY OF SUCCINATE CONTAINING CYANOCOBALAMIN
- ЗООТЕХНИЯ / ZOOTECHNICS
  - 95** Мурадян А.М., Соловьева О.И., Рузанова Н.Г., Аксенова О.Н. / Muradyan A.M., Solovyova O.I., Ruzanova N.G., Aksenova O.N.  
БИОХИМИЧЕСКИЕ И МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КРОВИ И УРОВЕНЬ ЕСТЕСТВЕННОЙ РЕЗИСТЕНТНОСТИ ЗАВЕЗЕННЫХ КОРОВ В АРМЕНИИ / BIOCHEMICAL AND MORPHOLOGICAL BLOOD PARAMETERS AND THE LEVEL OF NATURAL RESISTANCE OF IMPORTED COWS IN ARMENIA
  - 99** Скляр О.Д., Рахматуллин Э.К., Бабишева О.В., Литвинов Н.А. / Sklyarov O.D., Rakhmatullin E.K., Babicheva O.V., Litvinov N.A.  
ТОКСИКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРЕПАРАТА ГИПЕРИКО / TOXICOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE DRUG HYPERICO
- ВЕТЕРИНАРНАЯ ЭНТОМОЛОГИЯ / VETERINARY ENTOMOLOGY
  - 102** Домацкий В.Н., Сивкова Е.И. / Domatsky V.N., Sivkova E.I.  
ЭКТОПАРАЗИТЫ СОБАК И КОШЕК / ECTOZOANS OF DOGS AND CATS
- ПРОЦЕССЫ И МАШИНЫ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ / PROCESSES AND MACHINES OF AGROENGINEER SYSTEMS
  - 107** Сибирёв А.В., Мосяков М.А., Сазонов Н.В. и др. / Sibirev A.V., Mosyakov M.A., Sazonov N.V. et al.  
ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ УБОРКИ КОРНЕПЛОДОВ И КАРТОФЕЛЯ / ENERGY-SAVING TECHNOLOGY FOR HARVESTING ROOT CROPS AND POTATOES

Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ФС77-63276 от 06 октября 2015 г.,  
выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор)

Подписано к печати 15.08.2024. Дата выхода в свет 25.08.2024. Формат 60×88 1/8.

Усл. печ. л. 13,69. Уч.-изд. л. 14,00. Заказ № 30. Тираж 200 экз.

Учредитель: Российская академия наук

Издатель: Российская академия наук, 119991, Москва, Ленинский пр-т, 14

Отпечатано с готового макета ИП Ерховой И.М.  
ОГРНИП 319774600080241. Тел. 8 495 799-48-85.

## ИЗУЧЕНИЕ КОЛЛЕКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ ПО ЭЛЕМЕНТАМ СТРУКТУРЫ КОЛОСА И КАЧЕСТВА ЗЕРНА

Валерия Геннадьевна Кокорева, младший научный сотрудник  
Ольга Викторовна Гладышева, кандидат сельскохозяйственных наук  
Татьяна Анатольевна Барковская, старший научный сотрудник

Институт семеноводства и агротехнологий — филиал ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»,  
с. Подвязые, Рязанская обл., Россия  
E-mail: Kokoreva.valeria@yandex.ru

**Аннотация.** В современных условиях высокой интенсификации сельского хозяйства важно на всех этапах развития увеличить объем производимого зерна. Для этого необходимо постоянное совершенствование сортового состава производственных полей. При создании нового сорта следует со всех сторон изучить коллекционный питомник на предмет родительских форм по важным элементам структуры и качества зерна. В данном исследовании были изучены 32 сорта яровой мягкой пшеницы на базе Института семеноводства и агротехнологий в Рязанской области, стандартный сорт — Агата. Выделены сорта: по длине колоса (Арсея, Маргарита, Симбирцит, Уралосибирская, Дарница), выше стандарта на 19,5–31,2%, числу зерен (КВС Торридон, КВС Аквилон, Маргарита, Ethos, Экада 70, Одетта, и Кинельская Отрада, Уралосибирская, Дарница, Геракл) — 5,29–36,77%, массе зерна с колоса (КВС Аквилон, КВС Торридон, Одетта, Маргарита, Симбирцит, Калисперо, Мэри, Геракл, Уралосибирская, Ethos, Дарница, Кинельская Отрада, Казанская юбилейная) — 1,88–20,63%, содержанию белка в зерне (Злата, Новосибирская 29, Уралосибирская, Сибирский альянс, Sable, Челябинка 2) — 0,42–2,01%, клейковины (Новосибирская 29, Sable, Челябинка 2) — 2,5–3,2%, массе 1000 зерен (Одетта, Сибирский Альянс, Маргарита, Симбирцит, Бурлак) — 2,5–3,2%.

**Ключевые слова:** пшеница мягкая яровая, селекция, коллекционный питомник, качество, элементы продуктивности

## RESEARCH OF A SPRING SOFT WHEAT COLLECTION MATERIAL BASED ON EAR'S STRUCTURE AND GRAIN QUALITY ELEMENTS

V.G. Kokoreva, Junior Researcher  
O.V. Gladysheva, PhD in Agricultural sciences  
T.A. Barkovskaya, Senior Researcher

The Institute of Seed Production and Agrotechnologies—Branch of the FSBSI Federal Scientific Agroengineering Center VIM,  
Podvyazye village, Ryazan region, Russia  
E-mail: Kokoreva.valeria@yandex.ru

**Abstract.** In modern conditions of high intensification of agriculture, the key task at all stages of development is to increase the volume of grain produced. This requires constant improvement of the varietal composition of production fields. When creating a new variety, it is necessary to comprehensively study the collection nursery for parental forms of important elements of grain structure and quality. In these scientific studies, 32 varieties of spring soft wheat were studied at the Institute of Seed Production and Agricultural Technologies in the Ryazan region. Standard variety Agata. From the studied varieties, the following varieties were identified: by the length of the ear Arsei, Margarita, Simbirsit, Uralosibirskaya, Darnitsa, which are 19.5–31.2% higher than the standard, by the number of grains KVS Torridon, KVS Aquilon, Margarita, Ethos, Ekada 70, Odeta, and Kinelskaya Otrada, Uralosibirskaya, Darnitsa, Hercules exceeds the standard by 5.29–36.77%, by weight of grain per ear KVS Akvilon, KVS Torridon, Odeta, Margarita, Simbirsit, Kalispero, Mary, Hercules, Uralosibirskaya, Ethos, Darnitsa, Kinelskaya Otrada, Kazan Yubileynaya with indicators above the standard by 1.88–20.63%, in terms of protein content in grain Zlata, Novosibirskaya 29, Uralosibirskaya, Siberian Alliance, Sable, Chelyaba 2 above the standard by 0.42–2.01%, according to the gluten content in grain Novosibirskaya 29, Sable, Chelyaba 2 is 2.5–3.2% higher than the standard; by weight of 1000 grains Odeta, Siberian Alliance, Margarita, Simbirsit, Burlak is 2.5–3.2% higher than the standard.

**Keywords:** soft spring wheat, selection, collection nursery, quality, elements of productivity

Яровая пшеница — ценная продовольственная культура, выращиваемая в России. Наша страна уже несколько лет лидирует по объемам производства и экспорту пшеницы. Ее возделывание можно рассматривать как основу национальной продовольственной безопасности, так как существует огромная потребность на рынке сельхозпроизводителей в высококачественном сырье для хлебопекарной и пищевой промышленности. [1, 2, 4, 15]

На фоне изменяющегося климата и увеличивающейся численности населения необходимо постоянно создавать и совершенствовать сорта, способные максимально реализовывать свой генетический потенциал и удовлетворять потребителя увеличенным содержанием белка и клейковины. [5, 6, 9, 13]

Важен вопрос поиска сортов-доноров среди мирового генофонда для включения их в гибридизацию и дальнейшего создания, совершенствования местного агроэко типа яровой мягкой пшеницы. [3, 7, 10, 11, 14, 17]

Цель работы — изучить современные сорта яровой мягкой пшеницы в коллекционном питомнике по элементам структуры колоса и качественным показателям зерна.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Научные исследования проводили в коллекционном питомнике отдела селекции и первичного семеноводства на опытном участке ИСА — филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ в Рязанской области. Почва — серо-лес-

ная тяжелосуглинистая. Содержание органического вещества (ГОСТ 26213-2021) — 4,95%,  $pH_{\text{сол}}$  (ГОСТ 26483-85) — 4,91 ед., подвижного фосфора (ГОСТ Р 54650-2011) — 213 мг/кг почвы, подвижного калия (ГОСТ Р 54650-2011) — 155 мг/кг почвы, общий азот (ГОСТ 56596-2019) — 0,228%.

Площадь деланки — 3 м<sup>2</sup>. Семена высевали сеялкой ССФК-7 по предшественнику — черный пар, норма высева — 6 млн всх. сем./га. Стандартный сорт — *Агата*. Объект изучения — 32 сорта отечественной и зарубежной селекции.

Фенологические и морфологические наблюдения, учеты и измерения выполняли в соответствии с методикой государственного сортоиспытания. [12] Полученные результаты математически обрабатывали методом дисперсионного анализа по Доспехову. [8]

В 2020 году благоприятные условия по влагообеспеченности (ГТК — 1,28) положительно повлияли

на развитие вегетативной массы и налив зерновки. В 2021 году отметили недостаток влагообеспеченности (ГТК — 0,80) с высокой температурой воздуха за вегетацию, в 2022 — половина вегетации была с повышенной влажностью (ГТК — 1,75), вторая — засушливая (ГТК — 0,37).

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Продуктивность яровой мягкой пшеницы — это сложный комплексный показатель. При подборе родительских форм для скрещиваний селекционеру нужно иметь хорошо изученный и проработанный исходный материал по каждому компоненту продуктивности. [16]

Длина колоса влияет на его озерненность и изменяется в зависимости от сортовых особенностей. [16] У коллекционных образцов длина колоса — 7,7...10,1 см,

Таблица 1.

Элементы продуктивности колоса в коллекционном питомнике, 2020–2022 годы

| Сорт                       | Длина колоса, см | Число, шт.  |                | Озерненность колоса, г | Плотность колоса | Масса зерна с колоса, г |
|----------------------------|------------------|-------------|----------------|------------------------|------------------|-------------------------|
|                            |                  | колосков    | зерен в колосе |                        |                  |                         |
| <i>Агата, st</i>           | 7,7 ± 0,16       | 15,7 ± 0,06 | 37,8 ± 1,43    | 2,41 ± 0,01            | 19,0 ± 1,00      | 1,60 ± 2,20             |
| <i>РИМА</i>                | 8,3 ± 0,04       | 15,7 ± 0,17 | 35,9 ± 1,04    | 2,29 ± 0,004           | 17,7 ± 0,72      | 1,45 ± 0,01             |
| <i>Злата</i>               | 8,6 ± 0,16       | 15,3 ± 0,22 | 39,2 ± 0,44    | 2,56 ± 0,01            | 16,7 ± 0,71      | 1,28 ± 0,09             |
| <i>Арсея</i>               | 9,2 ± 0,30       | 16,0 ± 0,03 | 37,6 ± 0,57    | 2,35 ± 0,001           | 16,3 ± 0,65      | 1,52 ± 0,007            |
| <i>Мазетро</i>             | 8,4 ± 0,30       | 15,6 ± 0,02 | 35,1 ± 0,51    | 2,25 ± 0,01            | 17,4 ± 1,10      | 1,43 ± 0,002            |
| <i>КВС Аквилон</i>         | 7,9 ± 0,05       | 14,2 ± 0,05 | 40,6 ± 1,76    | 2,86 ± 0,02            | 16,7 ± 0,42      | 1,63 ± 0,007            |
| <i>КВС Торридон</i>        | 7,5 ± 2,42       | 16,3 ± 5,06 | 39,8 ± 4,27    | 2,47 ± 0,05            | 20,8 ± 2,47      | 1,80 ± 0,16             |
| <i>Бурлак</i>              | 8,9 ± 3,59       | 14,7 ± 0,15 | 37,5 ± 1,30    | 2,55 ± 0,001           | 15,9 ± 7,68      | 1,40 ± 0,001            |
| <i>Одета</i>               | 7,7 ± 0,01       | 15,8 ± 0,12 | 44,6 ± 0,46    | 2,82 ± 0,001           | 19,2 ± 0,15      | 1,79 ± 0,007            |
| <i>Elisavet</i>            | 8,6 ± 1,64       | 16,9 ± 0,79 | 38,1 ± 2,20    | 2,26 ± 0,01            | 18,6 ± 2,91      | 1,35 ± 0,06             |
| <i>Маргарита</i>           | 9,6 ± 0,15       | 17,9 ± 0,64 | 41,3 ± 17,58   | 2,30 ± 0,02            | 17,7 ± 0,38      | 1,86 ± 0,02             |
| <i>Симбирцит</i>           | 9,3 ± 0,09       | 17,6 ± 0,15 | 38,2 ± 0,40    | 2,17 ± 0,0002          | 17,8 ± 0,68      | 1,73 ± 0,07             |
| <i>Калисперо</i>           | 7,5 ± 0,43       | 15,1 ± 0,01 | 41,2 ± 0,65    | 2,72 ± 0,002           | 19,0 ± 2,34      | 1,67 ± 0,01             |
| <i>СН Rubli</i>            | 7,6 ± 1,11       | 16,3 ± 1,66 | 35,9 ± 4,99    | 2,20 ± 0,004           | 20,3 ± 7,50      | 1,17 ± 0,13             |
| <i>Meri</i>                | 8,8 ± 2,55       | 16,7 ± 0,95 | 37,3 ± 13,49   | 2,24 ± 0,05            | 18,1 ± 3,94      | 1,79 ± 0,20             |
| <i>Фаворит</i>             | 8,7 ± 0,84       | 18,0 ± 2,21 | 37,4 ± 1,21    | 2,09 ± 0,06            | 19,7 ± 2,96      | 1,54 ± 0,002            |
| <i>Воевода</i>             | 8,0 ± 0,55       | 15,6 ± 0,16 | 35,5 ± 27,59   | 2,27 ± 0,06            | 18,2 ± 1,25      | 1,35 ± 0,007            |
| <i>Новосибирская 29</i>    | 7,6 ± 0,52       | 14,7 ± 0,32 | 39,0 ± 7,07    | 2,64 ± 0,02            | 18,1 ± 1,01      | 1,42 ± 0,001            |
| <i>Чернява 13</i>          | 8,8 ± 0,04       | 16,9 ± 0,72 | 39,7 ± 0,30    | 2,35 ± 0,02            | 18,2 ± 0,94      | 1,52 ± 0,06             |
| <i>Геракл</i>              | 7,4 ± 11,81      | 17,6 ± 0,26 | 51,7 ± 2,78    | 2,94 ± 0,004           | 15,5 ± 0,47      | 1,88 ± 0,05             |
| <i>Омская 36</i>           | 8,9 ± 0,11       | 15,7 ± 0,07 | 34,9 ± 0,30    | 2,22 ± 0,001           | 16,6 ± 0,32      | 1,58 ± 0,01             |
| <i>Уралосибирская</i>      | 9,3 ± 0,40       | 18,8 ± 5,71 | 46,3 ± 13,13   | 2,48 ± 0,01            | 19,0 ± 2,15      | 1,74 ± 0,16             |
| <i>Алтайская 110</i>       | 8,2 ± 0,32       | 16,0 ± 0,09 | 36,9 ± 21,01   | 2,28 ± 0,38            | 18,3 ± 0,72      | 1,48 ± 0,16             |
| <i>Сибирский Альянс</i>    | 8,4 ± 0,20       | 16,5 ± 1,60 | 36,8 ± 13,86   | 2,30 ± 0,04            | 18,0 ± 0,95      | 1,51 ± 0,001            |
| <i>Ethos</i>               | 8,3 ± 4,55       | 17,1 ± 4,44 | 42,0 ± 6,16    | 2,49 ± 0,07            | 20,3 ± 12,2      | 1,79 ± 0,15             |
| <i>Sable</i>               | 7,8 ± 0,30       | 15,3 ± 0,66 | 39,5 ± 11,76   | 2,58 ± 0,03            | 18,3 ± 2,41      | 1,53 ± 0,04             |
| <i>Дарница</i>             | 10,1 ± 2,67      | 18,6 ± 3,24 | 48,3 ± 18,28   | 2,60 ± 0,001           | 17,6 ± 1,23      | 1,93 ± 0,11             |
| <i>Кинельская отрада</i>   | 6,0 ± 15,9       | 17,2 ± 0,35 | 44,6 ± 31,21   | 2,59 ± 0,05            | 18,7 ± 0,07      | 1,69 ± 0,001            |
| <i>Казанская юбилейная</i> | 8,6 ± 26,26      | 16,0 ± 0,11 | 38,8 ± 4,67    | 2,42 ± 0,03            | 17,4 ± 0,76      | 1,8 ± 0,54              |
| <i>Челяба 2</i>            | 8,0 ± 0,62       | 17,3 ± 0,38 | 35,5 ± 0,27    | 2,06 ± 0,01            | 20,4 ± 1,52      | 1,51 ± 0,08             |
| <i>Челяба степная</i>      | 7,8 ± 0,73       | 16,1 ± 0,05 | 39,7 ± 4,16    | 2,46 ± 0,01            | 19,4 ± 2,43      | 1,45 ± 0,006            |
| <i>Экада 70</i>            | 8,8 ± 0,02       | 17,1 ± 0,02 | 42,3 ± 11,65   | 2,48 ± 0,04            | 18,2 ± 0,02      | 1,68 ± 0,13             |
| Среднее по опыту           | 8,32             | 16,38       | 39,66          | 2,43                   | 18,22            | 1,59                    |

Примечание. \* — Различия между вариантами статистически значимы при  $p < 0,05$  (то же в табл. 2).



наибольшая отмечена у российских сортов: *Арсея*, *Маргарита*, *Симбирцит*, *Уралосибирская*, *Дарница*, выше стандарта на 1,5...2,4 см (19,5...31,2%). После проведенного корреляционного анализа установлено, что этот показатель находится в положительной умеренной взаимосвязи с числом колосков ( $r = 0,38 \pm 0,52$ ) и отрицательной с плотностью колоса ( $r = -0,32 \pm 0,17$ ).

Максимальные значения числа зерен в колосе отмечены у сортов: *КВС Торридон* (Великобритания) — 39,8 шт.; *КВС Аквилон* (Германия) — 40,6; *Маргарита* (Россия) — 41,3; *Ethos* (Германия) — 42,0; *Экада 70* (Россия) — 42,3; *Одета* (Чехия) и *Кинельская отрада* — 44,6; *Уралосибирская* — 46,3; *Дарница* — 48,3; *Геракл* (Россия) — 51,7 шт., что больше стандарта на 2,0...13,9 шт. (5,3...36,8%). Число зерен находится в умеренной взаимосвязи с озерненностью колоса ( $r = 0,73 \pm 0,13$ ), массой зерна с колоса ( $r = 0,67 \pm 0,17$ ) (табл. 1).

По числу колосков выделились сорта *Elisavet* (Эстония), *Ethos* (Германия), *Экада 70*, *Кинельская отрада*, *Челяба 2*, *Симбирцит*, *Геракл*, *Маргарита*, *Фаворит* (Россия), превышение над стандартом — 1,2...3,1 шт. (7,6...19,7%). Число колосков находится в умеренной корреляции с массой зерна с колоса ( $r = 0,49 \pm 0,16$ ), числом зерен ( $r = 0,46 \pm 0,16$ ).

Плотность колоса у сортов: *Одета* (Чехия), *Челяба степная* (Россия), *Фаворит*, *СН Rubli* (Германия), *Ethos* (Германия), *Челяба 2* (Россия) выше стандарта на 2,1...9,5%. Этот показатель в умеренной отрицательной взаимосвязи с массой 1000 зерен ( $r = 0,47 \pm 0,17$ ).

По озерненности колоса превысили стандарт *Агата* сорта: *Дарница* (Россия), *Новосибирская 29* (Россия), *Калисперо* (Франция), *Одета* (Чехия), *КВС Аквилон* (Германия), *Геракл* (Россия), прибавка — 0,19...0,53 г (7,8...21,9%). Озерненность колоса в умеренной корреляционной взаимосвязи с массой зерна с колоса ( $r = 0,36 \pm 0,17$ ), массой 1000 зерен ( $r = 0,31 \pm 0,17$ ).

По массе зерна с колоса среди сортов выделились *КВС Аквилон* (Германия), *КВС Торридон* (Великобритания), *Одета* (Чехия), *Маргарита* (Россия), *Симбирцит* (Россия), *Калисперо* (Франция), *Мэри* (Эстония), *Геракл* (Россия), *Уралосибирская* (Россия), *Ethos* (Германия), *Дарница*, *Кинельская отрада*, *Казанская юбилейная* (Россия) с показателями от 1,63 до 1,93 г, что выше стандарта на 0,03...0,33 г (1,9...20,6%).

Отмечены высокобелковые по товарному качеству образцы: *Злата*, *Новосибирская 29*, *Уралосибирская*, *Сибирский Альянс*, *Челяба 2* (Россия), *Sable* (Канада) с содержанием белка 16,21...17,80%, превышающим на 0,42...2,01% сорт *Агата* (табл. 2)

Выделены сорта с содержанием белка ниже стандарта, но на уровне первоклассных пшениц: *КВС Торридон* (Великобритания), *Калисперо* (Франция), *СН Rubli* (Германия), *Мэри* (Эстония), *Воевода*, *Чернява 13*, *Геракл*, *Омская 36*, *Алтайская 110*, *Дарница*, *Кинельская отрада*, *Казанская юбилейная* (Россия), *Ethos* (Германия) с содержанием белка 15,02...15,78%, находящимся в сильной взаимосвязи с количеством клейковины ( $r = 0,93 \pm 0,07$ ) и отрицательной умеренной с массой 1000 зерен ( $r = 0,43 \pm 0,08$ ).

По количеству клейковины выделены сорта: *Новосибирская 29* (Россия) — 32,7%; *Sable* (Канада) — 32,5; *Челяба 2* (Россия) — 33,2, что выше стандарта на 2,5...3,2%, соответствуют 1 классу качества. Показатель находится в умеренной отрицательной связи с массой 1000 зерен ( $r = -0,41 \pm 0,17$ ).

Таблица 2.  
Показатели качества у коллекционных образцов,  
2020–2022 годы

| Сорт                       | Массовая доля<br>белка, % | Количество<br>клейковины, % | Масса 1000<br>зерен, г |
|----------------------------|---------------------------|-----------------------------|------------------------|
| <i>Агата, st</i>           | 15,79 ± 1,94              | 30,0 ± 8,5                  | 40,0 ± 7,17            |
| <i>РИМА</i>                | 15,49 ± 1,41              | 29,10 ± 2,06                | 39,5 ± 1,30            |
| <i>Злата</i>               | 16,70 ± 1,12              | 31,50 ± 3,14                | 38,5 ± 0,24            |
| <i>Арсея</i>               | 14,84 ± 1,20              | 28,80 ± 3,70                | 39,4 ± 1,84            |
| <i>Маэстро</i>             | 14,41 ± 1,14              | 26,00 ± 2,84                | 38,6 ± 1,09            |
| <i>КВС Аквилон</i>         | 14,43 ± 0,72              | 25,7 ± 6,1                  | 40,0 ± 6,45            |
| <i>КВС Торридон</i>        | 15,15 ± 0,30              | 27,6 ± 0,70                 | 37,6 ± 0,63            |
| <i>Бурлак</i>              | 14,30 ± 0,54              | 25,8 ± 2,01                 | 45,0 ± 23,57           |
| <i>Одета</i>               | 14,90 ± 1,73              | 25,4 ± 3,74                 | 40,1 ± 7,10            |
| <i>Elisavet</i>            | 14,89 ± 0,76              | 26,4 ± 0,96                 | 31,6 ± 9,08            |
| <i>Маргарита</i>           | 14,59 ± 1,70              | 26,6 ± 2,45                 | 40,6 ± 33,70           |
| <i>Симбирцит</i>           | 14,62 ± 1,79              | 26,6 ± 2,94                 | 42,5 ± 3,35            |
| <i>Калисперо</i>           | 15,02 ± 0,72              | 27,7 ± 7,8                  | 36,9 ± 13,01           |
| <i>СН Rubli</i>            | 15,22 ± 0,97              | 28,5 ± 4,02                 | 35,4 ± 0,98            |
| <i>Мэри</i>                | 15,28 ± 1,48              | 28,9 ± 5,33                 | 36,9 ± 21,18           |
| <i>Фаворит</i>             | 14,99 ± 0,50              | 28,1 ± 1,52                 | 34,8 ± 32,4            |
| <i>Воевода</i>             | 15,02 ± 0,48              | 28,3 ± 1,34                 | 34,9 ± 30,9            |
| <i>Новосибирская 29</i>    | 17,56 ± 0,39              | 32,7 ± 1,13                 | 35,6 ± 6,82            |
| <i>Чернява 13</i>          | 15,75 ± 1,06              | 28,4 ± 1,74                 | 36,4 ± 24,53           |
| <i>Геракл</i>              | 15,02 ± 0,64              | 27,9 ± 1,45                 | 39,2 ± 7,36            |
| <i>Омская 36</i>           | 15,69 ± 0,73              | 29,2 ± 1,03                 | 36,5 ± 1,57            |
| <i>Уралосибирская</i>      | 16,24 ± 0,50              | 29,8 ± 0,57                 | 39,0 ± 26,3            |
| <i>Алтайская 110</i>       | 15,78 ± 0,32              | 29,5 ± 1,03                 | 35,0 ± 11,3            |
| <i>Сибирский Альянс</i>    | 16,21 ± 1,09              | 29,9 ± 1,60                 | 40,3 ± 8,58            |
| <i>Ethos</i>               | 15,10 ± 0,18              | 25,2 ± 14,60                | 37,5 ± 13,03           |
| <i>Sable</i>               | 17,62 ± 0,47              | 32,5 ± 0,24                 | 36,5 ± 2,96            |
| <i>Дарница</i>             | 15,65 ± 1,13              | 29,1 ± 1,74                 | 36,3 ± 24,71           |
| <i>Кинельская отрада</i>   | 15,47 ± 1,40              | 28,6 ± 1,88                 | 34,2 ± 4,91            |
| <i>Казанская юбилейная</i> | 15,16 ± 1,25              | 28,2 ± 2,06                 | 36,5 ± 26,18           |
| <i>Челяба 2</i>            | 17,80 ± 0,61              | 33,2 ± 1,03                 | 30,5 ± 8,73            |
| <i>Челяба степная</i>      | 15,30 ± 0,64              | 28,3 ± 1,54                 | 37,6 ± 30,91           |
| <i>Экада 70</i>            | 15,30 ± 2,53              | 28,3 ± 3,09                 | 37,5 ± 4,87            |
| Среднее по опыту           | 15,48                     | 28,49                       | 37,53                  |

Масса 1000 зерен у сортов изменялась от 35,0 до 45,0 г. Источниками крупнозерности могут быть сорта: *Одета* (Чехия) — 40,1 г; *Сибирский Альянс* — 40,3; *Маргарита* — 40,6; *Симбирцит* — 42,5; *Бурлак* (Россия) — 45,0 г.

Таким образом, в результате изучения 32 образцов яровой мягкой пшеницы выделены источники с максимальным количеством ценных признаков: *Ethos* (Германия), *Дарница*, *Кинельская отрада*, *Казанская юбилейная* (Россия). Они могут быть включены в селекционные программы скрещиваний по созданию более совершенных сортов в условиях Рязанской области.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Айдарбекова Т.Ж., Сыздыкова Г.Т., Малицкая Н.В. и др. Сравнительная оценка линий яровой мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) в Степной зоне Северо-Кавказской области. Сельскохозяйственная биоло-

- гия. 2022. Т. 57. № 1. С. 66–80. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2022.1.66rus>
2. Амунова О.С., Волкова Л.В., Мамаева А.В. Результаты изучения образцов мягкой пшеницы из коллекции ВИР по адаптивно значимым и хозяйственно ценным признакам. Таврический вестник аграрной науки. 2022. № 2(30). С. 8–21. <https://tvan.niishk.site/annotacii-statey/2022/tvan-no2-30/>
3. Амунова О.С., Волкова Л.В., Харина А.В. Исходный материал для селекции мягкой яровой пшеницы в условиях Кировской области. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2021. № 22(5). С. 661–675. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.5.661-675>
4. Барковская Т.А., Гладышева О.В., Кокорева В.Г. Высокопродуктивный сорт яровой мягкой пшеницы Маэстро для Центрального Нечерноземья. Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2022. № 2. С. 21–24. <https://doi.org/10.30850/vrsn/2022/2/21-24>
5. Берестов И.И. Содержание белка в зерне яровой мягкой пшеницы и источники его накопления в зависимости от сорта и доз азота. Земледелие и селекция в Беларуси. 2017. № 53. С. 195–201.
6. Волкова Л.В. Изучение гибридов яровой мягкой пшеницы по урожайности и содержанию белка. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2016. № 2. С. 4–8.
7. Демина И.Ф. Результаты изучения коллекционных образцов пшеницы мягкой яровой в условиях Среднего Поволжья. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2020. № 21(6). С. 653–659. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.6.653-659>
8. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Книга по требованию, 2012. 351 с.
9. Иванова И.Ю. Сортоизучение мягкой пшеницы в условиях Волго-Вятского региона. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2020. № 21(4). С. 379–386. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.4.379-386>
10. Коряковцева Л.А., Волкова Л.В., Харина А.Н. Сорта коллекции ВИР как источники ценных свойств в селекции яровой мягкой пшеницы. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2014. № 2(39). С. 10–13.
11. Кужахметов Б.А. Исходный материал для селекции мягкой яровой пшеницы на качество зерна в степной зоне южного Урала. Аграрный вестник Урала. 2011. № 7 (86). С. 9–10.
12. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М.: ООО «Группа Компаний Море». Вып. 1. 2019. 384 с.
13. Пакуль В.Н. Изменчивость и связи хозяйственно ценных признаков яровой мягкой пшеницы в условиях северной лесостепи Западной Сибири. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2022. № 23(1). С. 44–53. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.1.44-53>
14. Пискарев В.В., Зуев Е.В., Брыкова А.Н. Исходный материал для селекции яровой мягкой пшеницы в условиях Новосибирской области. Вавиловский журнал генетики и селекции. 2018. № 22(7). С. 784–794. <https://doi.org/10.18699/VJ18.422>
15. Стасюк А.И., Леонова И.Н., Понамарева М.Л. и др. Фенотипическая изменчивость селекционных линий мягкой пшеницы по элементам структуры урожая в экологических условиях Западной Сибири и Татарстана. Сельскохозяйственная биология. 2021. Т. 56. № 1. С. 78–91. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2021.1.78rus>
16. Таранова Т.Ю., Демина Е.А., Кинчаров А.И. Скрининг исходного материала для селекции яровой мягкой пшеницы в условиях Среднего Поволжья. Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2023. № 6. С. 21–26. <https://doi.org/10.31857/2500-2082/2023/6/21-26>
17. Babkenov A.T., Babkenova S.A., Abdullaev K.K., Kairzhanov Y.K. Breeding spring soft wheat for productivity, grain quality and resistance to adverse factors in Northern Kazakhstan. Journal of ecological engineering. 2020. № 21(6). P. 8–12. <https://doi.org/10.12911/22998993/123160>

## REFERENCES

1. Ajdarbekova T.Zh., Syzdykova G.T., Malickaya N.V. i dr. Sravnitel'naya ocenka linij yarovoj myagkoj pshenicy (Triticum aestivum L.) v Stepnoj zone Severo-Kazahstanskoj oblasti. Sel'skohozyajstvennaya biologiya. 2022. T. 57. № 1. С. 66–80 <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2022.1.66rus>
2. Amunova O.S., Volkova L.V., Mamaeva A.V. Rezul'taty izucheniya obrazcov myagkoj pshenicy iz kollekcii VIR po adaptivno znachimym i hozyajstvenno cennym priznakam. Tavricheskij vestnik agrarnoj nauki. 2022. № 2(30). С. 8–21. <https://tvan.niishk.site/annotacii-statey/2022/tvan-no2-30/>
3. Amunova O.S., Volkova L.V., Harina A.V. Iskhodnyj material dlya selekcii myagkoj yarovoj pshenicy v usloviyah Kirovskoj oblasti. Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. 2021. № 22(5). С. 661–675. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.5.661-675>
4. Barkovskaya T.A., Gladysheva O.V., Kokoreva V.G. Vysokoproduktivnyj sort yarovoj myagkoj pshenicy Maestro dlya central'nogo Nечернозем'ya. Vestnik Rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki. 2022. № 2. С. 21–24. <https://doi.org/10.30850/vrsn/2022/2/21-24>
5. Berestov I.I. Soderzhanie belka v зерне yarovoj myagkoj pshenicy i istochniki ego nakopleniya v zavisimosti ot sorta i doz azota. Zemledelie i selekciya v Belarusi. 2017. № 53. С. 195–201.
6. Volkova L.V. Izuchenie gibridov yarovoj myagkoj pshenicy po urozhajnosti i soderzhaniyu belka. Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. 2016. № 2. С. 4–8.
7. Demina I.F. Rezul'taty izucheniya kollekcionnyh obrazcov pshenicy myagkoj yarovoj v usloviyah Srednego Povolzh'ya. Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. 2020. № 21(6). С. 653–659. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.6.653-659>
8. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta. M.: Kniga po trebovaniyu, 2012. 351 s.
9. Ivanova I.Yu. Sortoizuchenie myagkoj pshenicy v usloviyah Volgo-Vyatskogo regiona. Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. 2020. № 21(4). С. 379–386. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.4.379-386>
10. Koryakovceva L.A., Volkova L.V., Harina A.N. Sorta kollekcii VIR kak istochniki cennyh svojstv v selekcii yarovoj myagkoj pshenicy. Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. 2014. № 2(39). С. 10–13.
11. Kuzhahmetov B.A. Iskhodnyj material dlya selekcii myagkoj yarovoj pshenicy na kachestvo zerna v stepnoj zone yuzhnogo Urala. Agrarnyj vestnik Urala. 2011. № 7 (86). С. 9–10.
12. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skohozyajstvennyh kul'tur. M.: ООО «Группа Компаний Море». Vyp. 1. 2019. 384 s.
13. Pakul' V.N. Izmenchivost' i svyazi hozyajstvenno cennyh priznakov yarovoj myagkoj pshenicy v usloviyah severnoj lesostepi Zapadnoj Sibiri. Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. 2022. № 23(1). С. 44–53. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.1.44-53>
14. Piskarev V.V., Zuev E.V., Brykova A.N. Iskhodnyj material dlya selekcii yarovoj myagkoj pshenicy v usloviyah Novosibirskoj

- oblasti. Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii. 2018. № 22(7). S. 784–794. <https://doi.org/10.18699/VJ18.422>
15. Stasyuk A.I., Leonova I.N., Ponamareva M.L. i dr. Fenotipicheskaya izmenchivost' selekcionnyh linij myagkoj pshenicy po elementam struktury urozhaya v ekologicheskikh usloviyah Zapadnoj Sibiri i Tatarstana. Sel'skohozyajstvennaya biologiya. 2021. T. 56. № 1. S. 78–91. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2021.1.78rus>
16. Taranova T.Yu., Demina E.A., Kincharov A.I. Skrining iskhodnogo materiala dlya selekcii yarovoj myagkoj pshenicy v usloviyah Srednego povolzh'ya. Vestnik Rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki. 2023. № 6. S. 21–26. <https://doi.org/10.31857/2500-2082/2023/6/21-26>
17. Babkenov A.T., Babkenova S.A., Abdullaev K.K., Kairzhanov Y.K. Breeding spring soft wheat for productivity, grain quality and resistance to adverse factors in Northern Kazakhstan. Journal of ecological engineering. 2020. № 21(6). P. 8–12. <https://doi.org/10.12911/22998993/123160>

*Поступила в редакцию 11.03.2024*

*Принята к публикации 25.03.2024*

## ПШЕНИЦА ТВЕРДАЯ ИЗ СТРАН СЕВЕРНОЙ АФРИКИ (АЛЖИР, МАРОККО, ТУНИС, ЕГИПЕТ) В УСЛОВИЯХ ЮЖНОЙ ПЛОСКОСТНОЙ ЗОНЫ РЕСПУБЛИКИ ДАГЕСТАН\*

Асеф Зилфикарович Шихмуратов, доктор биологических наук  
Магомед Махмудович Магомедов, старший научный сотрудник

Дагестанская ОС ФГБНУ «ФИЦ Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова»,  
Дербентский р-н, Республика Дагестан, Россия  
E-mail: asef121263@mail.ru

**Аннотация.** В 2022–2023 годах на Дагестанской ОС филиала ВИР в условиях орошения при озимом посеве изучали 615 образцов пшеницы твердой из стран Северной Африки (Алжир, Марокко, Тунис, Египет) по комплексу селекционно ценных признаков (скороспелость, устойчивость к грибным болезням, продуктивность, высота растений, полегание, число зерен с колоса, масса зерна с колоса и масса 1000 зерен). Стандартные сорта — к-66674 Одари, к-67482 Ярина (Краснодарский край), к-32453 Дербентская черноколосая (Дагестан). Выделены продуктивные с высоким адаптивным потенциалом сорта к-16221, к-16242 и к-54550 (Алжир), которые можно использовать для генетических исследований и в практической селекции для улучшения существующих сортов и создания новых.

**Ключевые слова:** пшеница твердая, грибные болезни, устойчивость, продуктивность, сорт, селекция

## DURUM WHEAT FROM NORTH AFRICAN COUNTRIES (ALGERIA, MOROCCO, TUNISIA, EGYPT) IN THE SOUTHERN PLANAR ZONE OF THE DAGESTAN REPUBLIC CONDITIONS

A.Z. Shikhmuradov, *Grand PhD in Biological Sciences*  
M.M. Magomedov, *Senior Researcher*

Dagestan ES FSBSI "FRC of the All-Russian Institute of Plant Genetic Resources named after N.I. Vavilov",  
Derbent district, Republic of Dagestan, Russia  
E-mail: asef121263@mail.ru

**Abstract.** In 2022–2023 at the Dagestan experimental station of the All-Russian Research Institute branch, under irrigated conditions during winter sowing 615 samples of durum wheat from North African countries (Algeria, Morocco, Tunisia, Egypt) were studied for a set of breeding valuable traits (earliness, resistance to fungal diseases, productivity, height plants, lodging, number of grains per ear, weight of grain per ear and weight of 1000 grains). Standard varieties are k-66674 Odari, k-67482 Yarina (Krasnodar region), k-32453 Derbentskaya black-eared (Dagestan). Productive durum wheat varieties with high adaptive potential have been identified (k-16221, k-16242 and k-54550 from Algeria), which can be used for genetic research and in practical breeding to improve existing varieties and create new ones.

**Keywords:** durum wheat, fungal diseases, resistance, productivity, variety, selection

Пшеница — один из первых одомашненных злаков. Ее начали возделывать еще в начале неолитической революции. В древности использовали дикорастущую форму, которая при созревании осыпалась и не позволяла собрать урожай. Поэтому люди собирали незрелые зерна. Процесс окультуривания пшеницы длился долго и был результатом случайностей, а не целенаправленной селекции. [1] Ученые установили, что культурная пшеница имеет два основных центра происхождения. Для одной группы (твердые виды пшеницы), как наши *Белотурка*, *Кубанка*, *Родина*, центр разнообразия находится в Северной Африке. Для второй (мягкие виды), типом которых считается обыкновенная европейская пшеница, — в Юго-Западной Азии. В период римских завоеваний пшеницу стали выращивать в Европе. Из всех видов наиболее полезна твердая. Она богата клейковиной, клетчаткой, кремнием, бором, марганцем, селеном, витаминами К, РР и группы В. Произрастает в областях с континентальным климатом, где жаркое лето. [2]

Главная база расового разнообразия твердых пшениц — Северная Африка и Средиземноморское побережье. Здесь встречается множество оригинальных и эндемичных форм этого вида, неизвестных в Европе и Азии. В этой области сосредоточены все расовые и разновидностные признаки, характеризующие вид *T. durum*, включая европейские и азиатские расы. В Абиссинии, Алжире, Египте обнаружен основной очаг форм всего полиморфизма *T. durum*. Разнообразности твердых пшениц с пурпурно-фиолетовым зерном, опушенными листьями и листовым влагалищем, длинноостистые формы, с удлинёнными ресничками на ушках и при основании листовой пластинки, с резко окрашенными антоцианом коричнево-фиолетовыми всходами, известны только из Северной Африки. Для более детального установления центра разнообразия твердых пшениц необходимы специальные исследования стран Средиземноморского побережья. [1, 2, 4]

Цель работы — изучить 615 образцов пшеницы твердой из стран Северной Африки (Алжир, Марокко,

\* Работа выполнена в рамках государственного задания ВИР № 0662-2019-0006 / The work was performed within the framework of the state task of the VIR No. 0662-2019-0006.



Тунис, Египет) и выделить источники по комплексу хозяйственно ценных признаков для дальнейшего использования в селекционно-генетических программах и практической селекции для улучшения существующих сортов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объект изучения – 615 образцов твердой пшеницы из мировой коллекции ВИР. Закладывали полевые опыты и проводили лабораторно-полевую оценку в соответствии с Методическими указаниями ВИР по пополнению, сохранению в живом виде и изучению мировой коллекции пшеницы, эгилопса и тритикале. [6] Результаты статистически обрабатывали по Б.А. Доспехову. [3] В качестве стандартов использовали допущенные в производство для Северного Кавказа сорта озимой твердой пшеницы из ФГБНУ НЦ зерна имени П.П. Лукьяненко – *Одари*, *Ярина* и Дагестана – *Дербентская черноколосая*.

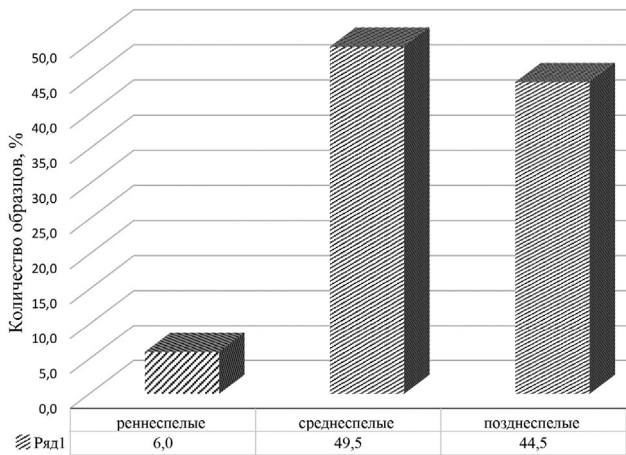


Рис. 1. Распределение образцов *T. durum* по группам скороспелости.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Образцы пшеницы твердой оценивали по комплексу селекционных и ценных признаков (скороспелость, устойчивость к грибным болезням и полеганию, высота растений, продуктивность, стекловидность зерна) в условиях орошения.

**Скороспелость** – один из ведущих признаков, определяющих возможность возделывания сорта в разных природно-климатических условиях. В качестве критерия скороспелости использовали дату колошения, которая для данного набора образцов отмечена с 23 апреля по 14 мая. Предел варьирования признака – 21 день при наступлении этой фенологической фазы у стандартов 11.05...12.05. Проведено распределение образцов выборки на три класса с интервалом в семь дней: скороспелые (23.04...30.04), среднеспелые (1.05...7.05) и позднеспелые (08.05...14.05) (рис.1).

**Грибные болезни** – мучнистая роса, бурая и желтая ржавчина. Все изученные нами образцы устойчивые



Рис. 2. Распределение образцов *T. durum* по устойчивости к грибным болезням в 2023 году.

Таблица 1.

Продуктивные сорта пшеницы твердой из Северной Африки

| № по каталогу ВИР | Происхождение      | Разновидность                | Сорт                            | Дата колошения | Устойчивость, балл |                |                 |           | Высота растений, см | Масса 1000 зерен, г | Масса зерна, г/м² | Число зерен в колосе, шт. | Масса зерна с колоса, г |
|-------------------|--------------------|------------------------------|---------------------------------|----------------|--------------------|----------------|-----------------|-----------|---------------------|---------------------|-------------------|---------------------------|-------------------------|
|                   |                    |                              |                                 |                | мучнистая роса     | бурая ржавчина | желтая ржавчина | полегание |                     |                     |                   |                           |                         |
| 46114             | Алжир              | <i>leucomelan</i>            | –                               | 6.05           | 7                  | 9              | 7               | 3         | 110                 | 57,1                | 400               | 40,3                      | 2,3                     |
| 46108             | Алжир              | <i>leucomelan</i>            | <i>Bucupa C 2</i>               | 4.05           | 7                  | 9              | 7               | 3         | 110                 | 59,0                | 430               | 37,1                      | 2,2                     |
| 16304             | Алжир              | <i>apulicum</i>              | <i>Azizi (27)</i>               | 9.05           | 7                  | 9              | 7               | 3         | 130                 | 53,1                | 440               | 36,9                      | 2,0                     |
| 16218             | Алжир              | <i>leucomelan</i>            | –                               | 9.05           | 7                  | 7              | 9               | 3         | 130                 | 56,0                | 440               | 40,0                      | 2,2                     |
| 16221             | Алжир              | <i>reichenbachii</i>         | –                               | 9.05           | 7                  | 9              | 7               | 3         | 120                 | 43,7                | 480               | 49,9                      | 2,2                     |
| 16242             | Алжир              | <i>melanopus, africanum</i>  | –                               | 10.05          | 9                  | 9              | 9               | 3         | 130                 | 47,9                | 530               | 47,3                      | 2,3                     |
| 5450              | Алжир              | <i>melanopus</i>             | <i>Lebei Pubescent BAS AP 2</i> | 5.05           | 7                  | 7              | 9               | 3         | 120                 | 53,2                | 550               | 45,9                      | 2,4                     |
| 66674             | Краснодарский край | <i>T.durum var.leucurum</i>  | <i>Одари</i>                    | 9.05           | 7                  | 9              | 9               | 7         | 95                  | 41,6                | 560               | 36,1                      | 1,9                     |
| 67482             | Краснодарский край | <i>T.durum var.leucurum</i>  | <i>Ярина</i>                    | 1.05           | 7                  | 9              | 9               | 3         | 105                 | 37,3                | 460               | 50,2                      | 1,9                     |
| 32453             | Дагестан           | <i>T.durum var.caeruleus</i> | <i>Дербентская черноколосая</i> | 7.05           | 7                  | 7              | 7               | 3         | 140                 | 37,9                | 460               | 49,0                      | 1,9                     |

Таблица 2.

## Продуктивные сорта пшеницы твердой из Северной Африки, выделившиеся по числу зерен с колоса

| № по каталогу ВИР | Происхождение      | Разновидность                   | Сорт                            | Дата колошения | Устойчивость, балл |                |                 |           | Высота растений, см | Масса 1000 зерен, г | Масса зерна, г/м <sup>2</sup> | Число зерен в колосе, шт. | Масса зерна с колоса, г |
|-------------------|--------------------|---------------------------------|---------------------------------|----------------|--------------------|----------------|-----------------|-----------|---------------------|---------------------|-------------------------------|---------------------------|-------------------------|
|                   |                    |                                 |                                 |                | мучнистая роса     | бурая ржавчина | желтая ржавчина | полегание |                     |                     |                               |                           |                         |
| 16538             | Тунис              | <i>erythromelan</i>             | <i>Azizi 293</i>                | 11.05          | 7                  | 7              | 9               | 3         | 135                 | 55,2                | 310                           | 50,2                      | 2,8                     |
| 34722             | Тунис              | <i>apulicum</i>                 | <i>Aouedj</i>                   | 3.05           | 7                  | 5              | 9               | 3         | 140                 | 40,6                | 440                           | 50,5                      | 2,1                     |
| 16402             | Марокко            | <i>hordeiforme</i>              | <i>Trikkia 187</i>              | 5.05           | 5                  | 9              | 7               | 5         | 115                 | 42,4                | 330                           | 51,0                      | 2,2                     |
| 16500             | Тунис              | <i>hordioforme</i>              | <i>Homira 89</i>                | 3.05           | 7                  | 7              | 9               | 3         | 105                 | 43,4                | 340                           | 51,2                      | 2,2                     |
| 16252             | Алжир              | <i>melanopus, niloticum</i>     | —                               | 9.05           | 7                  | 9              | 7               | 3         | 125                 | 44,6                | 440                           | 52,5                      | 2,3                     |
| 16521             | Тунис              | <i>apulicum</i>                 | <i>Mekki 14</i>                 | 9.05           | 7                  | 7              | 9               | 3         | 110                 | 51,4                | 460                           | 58,6                      | 3,0                     |
| 66674             | Краснодарский край | <i>T.durum var.leucurum</i>     | <i>Одари</i>                    | 9.05           | 7                  | 9              | 9               | 7         | 95                  | 41,6                | 560                           | 36,1                      | 1,9                     |
| 67482             | Краснодарский край | <i>T.durum var.leucurum</i>     | <i>Ярина</i>                    | 1.05           | 7                  | 9              | 9               | 3         | 105                 | 37,3                | 460                           | 50,2                      | 1,9                     |
| 32453             | Дагестан           | <i>T.durum var.caerulescens</i> | <i>Дербентская черноколосая</i> | 7.05           | 7                  | 7              | 7               | 3         | 140                 | 37,9                | 460                           | 49,0                      | 1,9                     |

Таблица 3.

## Продуктивные сорта пшеницы твердой из Северной Африки, выделившиеся по массе зерна с колоса

| № по каталогу ВИР | Происхождение      | Разновидность                   | Сорт                            | Дата колошения | Устойчивость, балл |                |                 |           | Высота растений, см | Масса 1000 зерен, г | Масса зерна, г/м <sup>2</sup> | Число зерен в колосе, шт. | Масса зерна с колоса, г |
|-------------------|--------------------|---------------------------------|---------------------------------|----------------|--------------------|----------------|-----------------|-----------|---------------------|---------------------|-------------------------------|---------------------------|-------------------------|
|                   |                    |                                 |                                 |                | мучнистая роса     | бурая ржавчина | желтая ржавчина | полегание |                     |                     |                               |                           |                         |
| 52971             | Алжир              | <i>leucomelan</i>               | —                               | 7.05           | 7                  | 9              | 7               | 3         | 105                 | 65,2                | 370                           | 38,8                      | 2,5                     |
| 5427              | Тунис              | <i>leucomelan</i>               | <i>Biskri</i>                   | 5.05           | 5                  | 5              | 9               | 5         | 130                 | 57,0                | 290                           | 43,9                      | 2,5                     |
| 16213             | Алжир              | <i>leucomelan, melanopus</i>    | —                               | 7.05           | 7                  | 7              | 9               | 3         | 135                 | 59,4                | 410                           | 44,1                      | 2,6                     |
| 16538             | Тунис              | <i>erythromelan</i>             | <i>Azizi 293</i>                | 11.05          | 7                  | 7              | 9               | 3         | 135                 | 55,2                | 310                           | 50,2                      | 2,8                     |
| 16521             | Тунис              | <i>apulicum</i>                 | <i>Mekki 14</i>                 | 9.05           | 7                  | 7              | 9               | 3         | 110                 | 51,4                | 460                           | 58,6                      | 3,0                     |
| 66674             | Краснодарский край | <i>T.durum var.leucurum</i>     | <i>Одари</i>                    | 9.05           | 7                  | 9              | 9               | 7         | 95                  | 41,6                | 560                           | 36,1                      | 1,9                     |
| 67482             | Краснодарский край | <i>T.durum var.leucurum</i>     | <i>Ярина</i>                    | 1.05           | 7                  | 9              | 9               | 3         | 105                 | 37,3                | 460                           | 50,2                      | 1,9                     |
| 32453             | Дагестан           | <i>T.durum var.caerulescens</i> | <i>Дербентская черноколосая</i> | 7.05           | 7                  | 7              | 7               | 3         | 140                 | 37,9                | 460                           | 49,0                      | 1,9                     |

Таблица 4.

## Продуктивные сорта пшеницы твердой из Северной Африки, выделившиеся по массе 1000 зерен

| № по каталогу ВИР | Происхождение      | Разновидность                   | Сорт                            | Дата колошения | Устойчивость, балл |                |                 |           | Высота растений, см | Масса 1000 зерен, г | Масса зерна, г/м <sup>2</sup> | Число зерен в колосе, шт. | Масса зерна с колоса, г |
|-------------------|--------------------|---------------------------------|---------------------------------|----------------|--------------------|----------------|-----------------|-----------|---------------------|---------------------|-------------------------------|---------------------------|-------------------------|
|                   |                    |                                 |                                 |                | мучнистая роса     | бурая ржавчина | желтая ржавчина | полегание |                     |                     |                               |                           |                         |
| 10056             | Алжир              | <i>leucomelan</i>               | <i>Махмудская</i>               | 5.05           | 7                  | 7              | 7               | 3         | 115                 | 58,0                | 410                           | 40,0                      | 2,3                     |
| 53087             | Марокко            | <i>melanopus</i>                | <i>Местная</i>                  | 8.05           | 7                  | 7              | 9               | 5         | 110                 | 58,8                | 260                           | 42,5                      | 2,5                     |
| 16213             | Алжир              | <i>leucomelan, melanopus</i>    | -                               | 7.05           | 7                  | 7              | 9               | 3         | 135                 | 59,4                | 410                           | 44,1                      | 2,6                     |
| 16164             | Алжир              | <i>leucomelan</i>               | -                               | 9.05           | 7                  | 7              | 9               | 3         | 135                 | 60,3                | 430                           | 44,4                      | 2,4                     |
| 52972             | Алжир              | <i>leucomelan</i>               | -                               | 6.05           | 7                  | 9              | 9               | 3         | 105                 | 64,4                | 460                           | 39,0                      | 2,5                     |
| 52971             | Алжир              | <i>leucomelan</i>               | -                               | 7.05           | 7                  | 9              | 7               | 3         | 105                 | 65,2                | 370                           | 38,8                      | 2,5                     |
| 66674             | Краснодарский край | <i>T.durum var.leucurum</i>     | <i>Одари</i>                    | 9.05           | 7                  | 9              | 9               | 7         | 95                  | 41,6                | 560                           | 36,1                      | 1,9                     |
| 67482             | Краснодарский край | <i>T.durum var.leucurum</i>     | <i>Ярина</i>                    | 1.05           | 7                  | 9              | 9               | 3         | 105                 | 37,3                | 460                           | 50,2                      | 1,9                     |
| 32453             | Дагестан           | <i>T.durum var.caerulescens</i> | <i>Дербентская черноколосая</i> | 7.05           | 7                  | 7              | 7               | 3         | 140                 | 37,9                | 460                           | 49,0                      | 1,9                     |

и среднеустойчивые. Устойчивость в 3 балла к бурой ржавчине установлена у 2,8% образцов, 5 баллов к мучнистой росе — 16,4%, 7 баллов к мучнистой росе — 83,4%, бурой ржавчине — 50,5%, желтой ржавчине — 46,4%, 9 баллов к желтой ржавчине — 52,9% (рис. 2).

По **высоте растений** образцы поделены на низко-, средне- и высокорослые — 65...145 см.

**Продуктивность** у стандартов в среднем составила: *Одари* — 560 г/м<sup>2</sup>, *Ярина* и *Дербентская черноколосая* — 460 г/м<sup>2</sup>. По данным лабораторных исследований найдены продуктивные образцы, которые частично превышают стандарты или находятся на их уровне (табл. 1).

**Число зерен с колоса** у к-16538, к-16500, к-16521 и к-34722 (Тунис), к-16402 (Марокко), к-16256 (Алжир) от 50,2 до 58,6 шт. (табл. 2).

**Масса зерна с колоса** у к-52971 и к-16213 (Алжир), к-5427, к-16538 и к-16521 (Тунис) — 2,5...3,0 г (табл. 3).

Наибольшая **масса 1000 зерен** была у к-53087 (Марокко), к-10056, к-16213, к-16164, к-52972 и к-52971 (Алжир) — от 58,0 до 65,2 (табл. 4)

Таким образом, нами выделены продуктивные с высоким адаптивным потенциалом сорта пшеницы твердой, которые можно использовать в генетических исследованиях и практической селекции для улучшения существующих сортов и создания новых.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Вавилов Н.И. Мировые ресурсы хлебных злаков. Пшеница. М.: Л. 1964, 123 с.
2. Дорофеев В.Ф. Пшеницы мира. Л.: Агропромиздат. 1987. 560 с.

3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
4. Ляпунова О.А. Селекция твердой пшеницы в Италии // Письма в Вавиловский журнал генетики и селекции. 2019. № 5(1). С. 19–34.
5. Ляпунова О.А., Андреева А.С. Сорта и линии, пополнявшие генофонд твердой пшеницы ВИР в 2000–2019 гг. // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2020. № 181(4). С. 7–16.
6. Мережко А.Ф., Удачин Р.А. Методические указания ВИР. Пополнение, сохранение в живом виде и изучение мировой коллекции пшеницы, эгилопса и тритикале С-Пб, 1999. 83 с.

#### REFERENCES

1. Vavilov N.I. Mirovye resursy hlebnih zlakov. Pshenica. M.: L. 1964, 123 s.
2. Dorofeev V.F. Pshenicy mira. L.: Agropromizdat. 1987. 560 s.
3. Dospikhov B.A. Metodika polevogo opyta. M.: Agropromizdat, 1985. 351 s.
4. Lyapunova O.A. Selekcija tverdoj pshenicy v Italii // Pis'ma v Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii. 2019. № 5(1). S. 9–34.
5. Lyapunova O.A., Andreeva A.S. Sorta i linii, popolnivshie genofond tverdoj pshenicy VIR v 2000–2019 gg. // Trudy po prikladnoj botanike, genetike i selekcii. 2020. № 181(4). S. 7–16.
6. Merezko A.F., Udachin R.A. Metodicheskie ukazaniya VIR. Popolnenie, sohranenie v zhivom vide i izuchenie mirovoj kollekcii pshenicy, egilopsa i tritikale S-Pb, 1999. 83 s.

Поступила в редакцию 21.03.2024

Принята к публикации 04.04.2024

## ВЛИЯНИЕ ДЕФИЦИТА АЗОТА НА РОСТ И РАЗВИТИЕ ЯРОВОГО ДВУРЯДНОГО ЯЧМЕНЯ, ВЫРАЩЕННОГО В УСЛОВИЯХ СВЕТОКУЛЬТУРЫ\*

Николай Александрович Сурин<sup>1</sup>, академик РАН  
Сергей Александрович Герасимов<sup>1</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук  
Алексей Геннадьевич Липшин<sup>1</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук  
Софья Аврумовна Ушакова<sup>2</sup>, кандидат биологических наук  
Александр Аполлинариевич Тихомиров<sup>2,3</sup>, доктор биологических наук  
Владимир Владимирович Величко<sup>2,3</sup>, кандидат биологических наук  
Илиада Владимировна Грибовская<sup>2</sup>, кандидат биологических наук

<sup>1</sup>Красноярский научно-исследовательский институт сельского хозяйства — обособленное подразделение ФИЦ КНЦ СО РАН, г. Красноярск, Россия

<sup>2</sup>Институт биофизики — обособленное подразделение ФИЦ КНЦ СО РАН, г. Красноярск, Россия

<sup>3</sup>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, г. Красноярск, Россия  
E-mail: sofya-ushakova@yandex.ru

**Аннотация.** Цель работы — изучить в контролируемых условиях среды влияние дефицита азота в поливных растворах на структурные и функциональные характеристики ярового ячменя (*Hordeum vulgare* L.) сортов Оплот и Такмак (с 2022 года стандарт на всех сортоиспытательных участках Красноярского края). Растения выращивали в условиях светокультуры методом гидропоники на керамзите с постоянными условиями внешней среды при фотопериоде 17 ч день / 7 ч ночь. За основу приготовления поливных растворов взят раствор Кнопа (контроль) и раствор, в котором для уменьшения концентрации  $N-NO_3$  в два раза изменили содержание солей, чтобы сохранить концентрацию остальных макроэлементов. Сравнение скорости поглощения макроэлементов растениями ячменя сортов Оплот и Такмак в зависимости от состава поливного раствора показывает более высокую требовательность сорта Оплот к наличию элементов минерального питания в поливном растворе, чем Такмак. Дефицит азота в поливном растворе привел к снижению общего кушения примерно в 2,5 раза, но продуктивное кушение у Оплота уменьшилось в большей степени, чем у Такмака. При выращивании на растворе Кнопа у Оплота более высокая продуктивность, чем у сорта Такмак, на растворах с дефицитом азота урожай зерна уменьшился в 2,8 раза (Оплот), а у Такмака отличия между контрольным и опытным вариантами были недостоверными. Сорт Такмак показал более высокую устойчивость к дефициту азота в поливном растворе, проявив лучшую пластичность, по сравнению с Оплотом.

**Ключевые слова:** Красноярский край, яровой ячмень, светокультура, минеральное питание, рост, развитие, продуктивность

## THE NITROGEN DEFICIENCY INFLUENCE ON THE GROWTH AND DEVELOPMENT OF SPRING TWO-NUCLEAR BARLEY VARIETIES GROWN UNDER PHOTOCULTURE CONDITIONS

N.A. Surin<sup>1</sup>, *Academician of the RAS*  
S.A. Gerasimov<sup>1</sup>, *PhD in Agricultural Sciences*  
A.G. Lipshin<sup>1</sup>, *PhD in Agricultural Sciences*  
S.A. Ushakova<sup>2</sup>, *PhD in Biological Sciences*  
A.A. Tikhomirov<sup>2,3</sup>, *Grand PhD in Biological Sciences*  
V.V. Velichko<sup>2,3</sup>, *PhD in Biological Sciences*  
I.V. Gribovskaya<sup>2</sup>, *PhD in Biological Sciences*

<sup>1</sup> Krasnoyarsk Research Institute of Agriculture — Division of Federal Research Center “Krasnoyarsk Scientific Center of the Siberian Branch of the RAS”, Krasnoyarsk, Russia

<sup>2</sup> Institute of Biophysics SB RAS, Federal Research Center “Krasnoyarsk Science Center SB RAS RF”, Krasnoyarsk, Russia

<sup>3</sup> M.F. Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk, Russia  
E-mail: sofya-ushakova@yandex.ru

**Abstract.** The purpose of the research is to study, the effect of N deficiency in irrigation solutions on the structural and functional characteristics of spring barley (*Hordeum vulgare* L.), the Oplot variety under controlled environmental conditions, in comparison with the structural and functional characteristics of Takmak barley, which has been the standard in all variety testing sites of the Krasnoyarsk Territory since 2022. The plants were grown under light culture conditions using hydroponics on expanded clay with constant environmental conditions at a photoperiod day/night of 17h / 7h, respectively. The basis for the preparation of irrigation solutions was Knop solution (control) and a solution in which, in order to reduce the concentration of  $N-NO_3$ , the salt content was changed 2 times so as not to change the concentration of other macronutrients. A comparison of the rate of absorption of macronutrients by barley plants of the Oplot and Takmak varieties, depending on the composition of the irrigation solution, shows a higher demand of the barley of the Oplot variety for the presence of mineral nutrition elements in the irrigation

\* Работа выполнена в рамках тематик Госзаданий FWES-2024-0032 и FWES-2024-0039 Минобрнауки РФ / The work was carried out within the framework of the subjects of the State Tasks FWES-2024-0032 and FWES-2024-0039 of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation.

*solution in comparison with the barley of the Takmak variety. The deficiency of N in the irrigation solution led to a decrease in total tillering by about 2.5 times, but productive tillering in the barley of the Oplot variety decreased to a greater extent than in the barley of the Takmak variety. When growing on Knop solution the barley of the Oplot variety showed higher productivity than the barley of the Takmak variety. When grown on solutions with a deficiency of N, the grain yield of the barley of the Oplot variety decreased by 2.8 times, and in the barley of the Takmak variety, the differences between the control and experimental variants were unreliable. The barley of the Takmak variety showed higher resistance to N deficiency in the irrigation solution, thereby showing higher plasticity compared to the barley of the Oplot variety.*

**Keywords:** Krasnoyarsk Territory, spring barley, light culture, mineral nutrition, growth, development, productivity

Яровой ячмень в Восточной Сибири — одна из главных фуражных культур. Его кормовая ценность определяется сбалансированным составом зерна по белку (15%) и жиру (2...3%). Основные площади сосредоточены в Красноярском крае — 144,7 тыс. га (13,0%). В региональных производственных посевах по уровню урожайности ячмень лидирует среди зерновых (более 24,0 ц/га), превышая этот показатель у пшеницы и овса на 2...4 ц/га. Вместе с тем урожайность по отдельным земельным зонам края варьирует от 12 до 50 ц/га. Это связано с большой контрастностью почвенно-климатических зон Красноярского края и Восточной Сибири, которые характеризуются засушливым климатом в южных районах и увлажненным в подтаежных и таежных зонах на севере. Более 33% пахотных земель региона подвергаются ветровой, водной и комплексной эрозии. Сдерживающий фактор широкого распространения ячменя в северных подтаежных и таежных районах, где он практически не пригоден для возделывания, — повышенная кислотность почв. Указанные обстоятельства ограничивают его распространение в Восточной Сибири, тем не менее увеличение объемов производства связано с внедрением новых высокоурожайных сортов, приспособленных к местным условиям. [6] Решить эту проблему может селекция — экологически безопасный прием повышения урожайности. [6, 11] Большое значение имеет рациональное использование доз минеральных удобрений, внесение которых должно разрабатываться не под конкретную культуру, а с учетом особенностей сорта, что может быть одним из способов увеличения производства биологически полноценного и экологически безопасного зерна ячменя. [4, 9, 16] Поглощение минеральных элементов за вегетацию происходит неравномерно. Недостаточная обеспеченность минеральным питанием в тот или иной период вегетации приводит к снижению урожая и ухудшению его качества. У всех растений критический период — фаза всходов. В прикорневой зоне в это время питательные элементы должны находиться в доступной форме, но невысокой концентрации. Второй период, в котором растения чувствительны к недостатку элементов минерального питания, — интенсивный прирост вегетативной массы, у зерновых культур это выход в трубку и колосшение. [1] Важнейший питательный элемент, содержание которого в растениях зависит от их вида, возраста, почвенно-климатических условий, приемов агротехники — азот (N). [2, 12–14] Наибольшее содержание N отмечается в вегетативных органах молодых растений. Между содержанием N в определенные фазы роста в вегетативных частях растений и урожай устанавливается коррелятивная зависимость. [16] Предварительная оценка реакции растений на дефицит азота, проведенная в условиях светокультуры, вне зависимости от почвенно-климатических условий выращивания, позволит оценить перспективность районирования тех

или иных селекционных образцов на почвах с определенным типом сложения и состава, более рационально использовать минеральные удобрения.

Цель работы — сравнить в контролируемых условиях среды влияние дефицита азота в поливных растворах на структурные и функциональные характеристики ярового ячменя (*Hordeum vulgare* L.) сортов *Оплот* и *Такмак*.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объект исследования — сорта *Оплот* и *Такмак* ярового двурядного ячменя селекции КрасНИИСХ ФИЦ КНЦ СО РАН.

Сорт *Такмак* (*Приазовский 9* × [(*Винер* × *Омский 13709*) × (*Винер* × *Донецкий 650*)] включен в Госреестр по Восточно-Сибирскому региону. [5] Куст полупрямостоячий. Растение высокорослое. С 2022 года — стандарт на всех сортоиспытательных участках Красноярского края.

*Оплот* — новый сорт двурядного гладкоостого ячменя, передан на Государственное сортоиспытание в 2023 году. Создан в Красноярском НИИСХ — обособленном подразделении ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр СО РАН» методом гибридизации с последующим индивидуальным отбором из гибридной комбинации *Золотник* × *Миг 16*. Растение низкорослое (60,8 см в среднем за годы испытаний). Колос двурядный цилиндрический, рыхлый, желтый. Зерно от среднего до крупного (масса 1000 зерен — 37,0...51,3 г), удлинённой формы, желтое. Сорт раннеспелый, вегетационный период — 77...82 дня. Отличается высоким потенциалом продуктивности. В 2018 году на Тулунской ГСС показал максимальный урожай — 72,2 ц/га. Авторы: Н.А. Сурин, Н.Е. Ляхова, С.А. Герасимов, А.Г. Липшин, А.В. Бобровский, С.С. Голубев.

В условиях интенсивной светокультуры растения выращивали в трех вегетационных камерах с регулируемыми параметрами внешней среды. Площадь посева в первой и второй камерах — по 0,512 м<sup>2</sup>. В одной из них выращивали сорт *Оплот*, другой — *Такмак*, в третьей — оба сорта с площадью посева каждого 0,384 м<sup>2</sup>. Метод выращивания — гидропоника на керамзите. В качестве источников света использовали лампы ДРФ-1000 [15], расположенные вне камер. Между источниками света и растениями находился прозрачный потолок из оргстекла с проточной водой, поглощающий значительную часть инфракрасной радиации. Интенсивность фотосинтетической радиации (ФАР) (690 ± 70) мкмоль·м<sup>-2</sup>·с<sup>-1</sup>. Фотопериод — 17 ч день / 7 ч ночь. Температуру воздуха поддерживали днем на уровне 23 ± 1,5°C, ночью 14 ± 1,5°C. Для полива растений три раза в течение светового дня брали питательные растворы на основе модифицированной смеси Кнопа (табл. 1). В первых двух камерах приготовили раствор



Кноп, третьей — с уменьшенной в два раза концентрацией  $N-NO_3$  (табл. 1). В питательные растворы добавляли микроэлементы и Fe — ЭДТА. [3]

Перед посевом семена обеззараживали смесью перекиси водорода и этанола, проращивали во влажной камере в чашках Петри. [7] Проклюнувшиеся семена высевали на глубину 2 см от верхнего уровня керамзита в вегетационные сосуды — 375 шт/м<sup>2</sup>. Были выбраны основные морфометрические параметры: высота растений и главного побега, количество побегов, сырая и сухая биомасса отдельных частей растений. Состояние фотосинтетического аппарата верхних листьев главного побега оценивали по массе и площади листьев, содержанию и соотношению фотосинтетических пигментов. Экстракцию пигментов проводили 96% этанолом. Навеска — не менее 0,4 г. Содержание фотосинтетических пигментов в листьях главного побега ячменя определяли на спектрофотометре UV-2804 (UNICO, США) и рассчитывали по формулам Wintermans, DeMots, общее содержание углеводов в пробах — модифицированным антроновым методом, липидов — гравиметрически, органический азот — методом Кьельдаля. [7] Количество минеральных элементов в растениях устанавливали с помощью спектрометра ICP-OES iCAP 6300 Duo (Thermo Scientific, England, 2010) (EPA 200.7). Сырой протеин в расчете на сухое вещество рассчитывали после определения содержания органического азота методом Кьельдаля с последующим умножением на коэффициент 6,25. Результаты статистических обрабатывали общепринятыми методами с использованием стандартного программного пакета Microsoft Excel. В статье приведены средние значения показателей  $\pm$  стандартная ошибка.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

### Влияние концентрации $N-NO_3$ в поливных растворах на поглощение макроэлементов

Поглощение  $N-NO_3$  растениями ячменя сортов *Оплот* и *Такмак* на протяжении первых 44 сут. вегетации в контроле практически не отличалось (рис. 1). В последующие 30 сут. скорость потребления  $N-NO_3$  растениями сорта *Оплот* была выше, чем у *Такмака* ( $t_d = 3$  и  $2,6 > t_{st} = 2,4$  при  $\alpha \leq 0,05$  и  $n = 6$ ) (рис. 1). Затем из-за более раннего срока созревания (*Оплот*) скорость поглощения N стала меньше, чем у сорта *Такмак*. Выращивание на растворах с дефицитом  $N-NO_3$  (концентрация в два раза меньше, чем в контроле) привело к снижению поглощения N растениями обоих сортов.

В первые 25 сут. вегетации интенсивность поглощения азота у *Оплота* и *Такмака* уменьшилась в 5,6 и 4,3 раза соответственно, в последующие три периода роста снижение интенсивности поглощения  $N-NO_3$  по мере роста растений у *Оплота* составило от 3,0 до 3,8 раза, *Такмака* — от 3,2 до 4,0 раза. В последний период роста (75...112 сут. — *Оплот* и 101...113 сут. — *Такмак*) разница между интенсивностью поглощения  $N-NO_3$  в контрольном и опытном вариантах уменьшилась до 1,7 (*Оплот*) и 2,3 (*Такмак*) раза (рис. 1). В поливных растворах перед их сменой концентрации  $N-NO_3$  в опыте —  $15 \pm 5$  мг/л, контроле —  $65 \pm 25$  мг/л.

При выращивании на растворе Кноп у *Оплота* более высокая потребность в Ca, K, и P, по сравнению с сортом *Такмак*. Уменьшение концентрации  $N-NO_3$  в поливном растворе привело к снижению интенсивности поглощения этих макроэлементов. В фазы кущения и выхода в трубку интенсивность поглощения Ca уменьшилась в три раза, по сравнению с контролем, далее — 1,7...1,9 раза (рис. 1). У сорта *Такмак* уменьшение этого показателя было в пределах 2,3 ... 2,5 раз. На последней фазе развития значимых отличий между поглощением Ca в опыте и контроле не наблюдали. В опыте интенсивность поглощения K у *Оплота* на протяжении всего вегетационного периода была в 2,5...2,8 раза ниже, чем в контроле, у *Такмака* в период от 3 до 48 сут. — 2,5...2,8, а затем в 3,5...3,7 раза ниже, чем в контроле.

На поглощение P двукратное снижение концентрации  $N-NO_3$  в поливном растворе сказалось несущественно. Интенсивность поглощения P растениями сорта *Оплот* до 44-суточного возраста уменьшилась в 1,5 и 2 раза ( $t_d = 4,5 > t_{st} = 2,4$  при  $\alpha \leq 0,05$  и  $n = 6$ ), а затем достоверных отличий от контроля не наблюдали. У *Такмака* до фазы выхода в трубку достоверных отличий в интенсивности поглощения P между контролем и опытом не было. Вплоть до периода созревания, отличия были достоверными ( $t_d = 3,1...8,0 > t_{st} = 2,4$  при  $n = 6$ ). На протяжении всей вегетации при выращивании растений сортов *Оплот* и *Такмак* на растворах с дефицитом N потребности ячменя сорта *Оплот* в Ca, K, и P, как и в контроле, превышали потребности ячменя сорта *Такмак*, при этом особенно значительные различия между сортами связаны с потреблением P (рис. 1).

### Влияние концентрации $N-NO_3$ в поливных растворах на рост и развитие растений ячменя

Начиная с периода кущения, в опытном варианте переход от одной фазы развития к последующей у *Оплота* наступал на несколько суток раньше, чем

Состав солей для приготовления питательных растворов и содержание в них макроэлементов при выращивании растений ячменя сортов *Оплот* и *Такмак* в условиях светокультуры

Таблица 1.

| Соль                     | Раствор, г/л    |                      | Элемент | Контроль, мг/л | Опыт, мг/л |
|--------------------------|-----------------|----------------------|---------|----------------|------------|
|                          | Кноп (контроль) | с дефицитом N (опыт) |         |                |            |
| $KNO_3$                  | 0,25            | -                    | N       | 153            | 77         |
| $MgSO_4 \cdot 7H_2O$     | 0,25            | 0,25                 | K       | 169            | 167        |
| $Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$ | 1,00            | 0,65                 | Ca      | 170            | 139        |
| $KH_2PO_4$               | 0,25            | 0,30                 | Mg      | 25             | 25         |
| $CaCl_2$                 | -               | 0,08                 | P       | 57             | 68         |
| $K_2SO_4$                | -               | 0,18                 | S       | 33             | 33         |

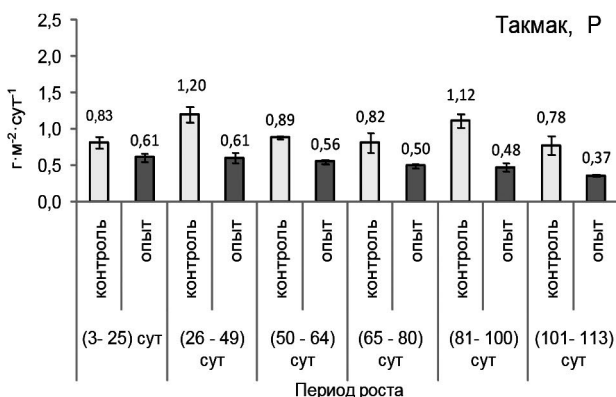
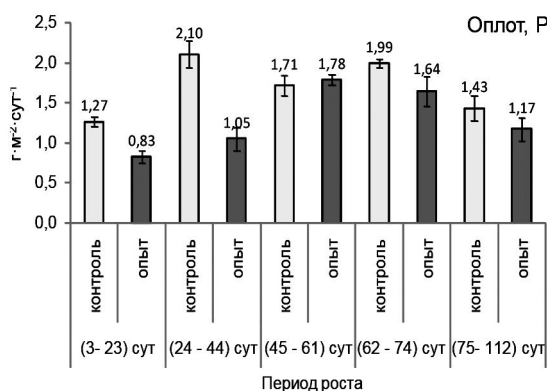
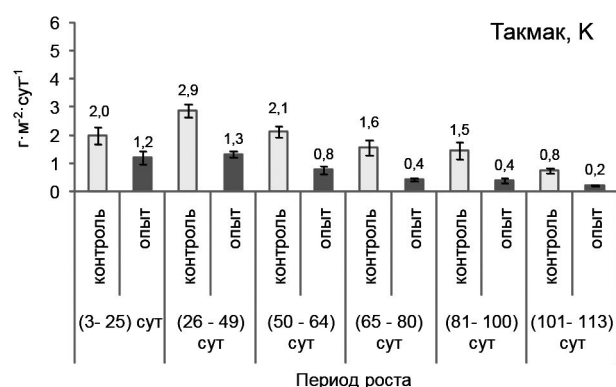
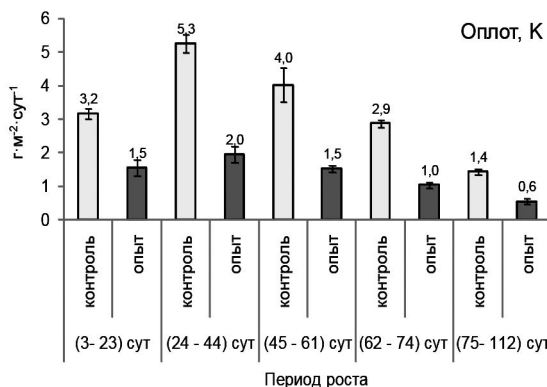
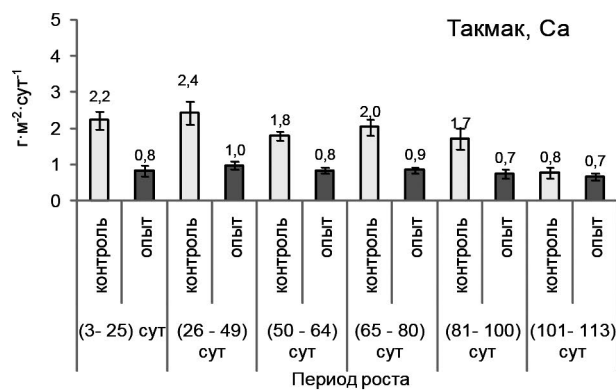
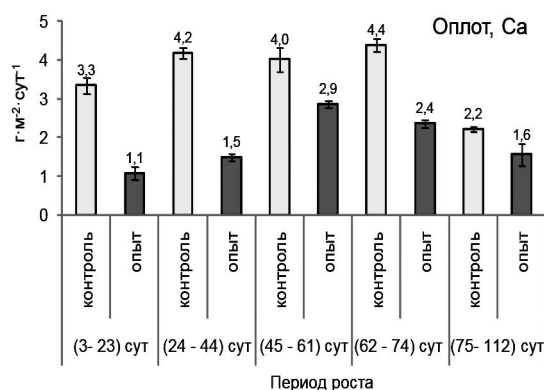
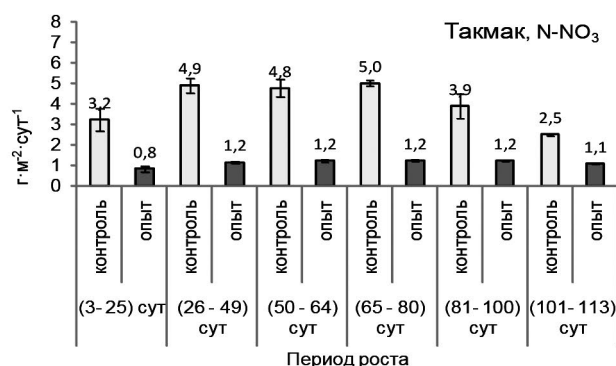
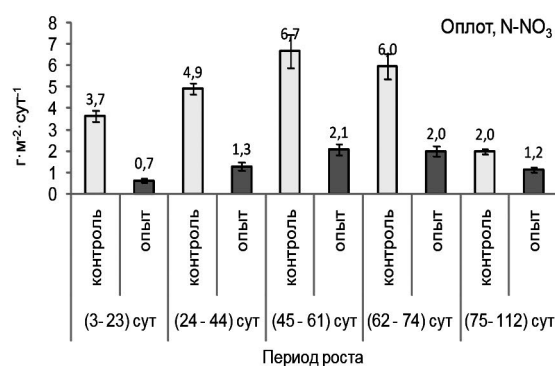


Рис. 1. Поглощение макроэлементов растениями ячменя сортов *Оплот* и *Такмак* в процессе роста и развития в зависимости от концентрации N-NO<sub>3</sub> в поливном растворе. Над столбиками диаграмм указаны средние значения показателей (то же на рис. 2–7).

в контроле (рис. 2). У *Такмака* развитие протекало в контроле и опыте почти одновременно вплоть до выхода в трубку. Но фаза трубкования оказалась в первом случае длиннее, чем во втором почти на 10 сут.

В условиях светокультуры оба сорта проявили высокую способность к побегообразованию, но у *Оплота* она была выражена в меньшей степени, чем у *Такмака*. На фоне пониженного содержания в поливном растворе  $N-NO_3$  происходило значительное снижение побегообразования, количество побегов в опытном варианте до фазы колошения между сортами практически не отличалось. Более сильное угнетение побегообразования, по сравнению с контролем, было у *Такмака*, количество побегов в фазе колошения у него было в 9 раз меньше, *Оплота* — 2,6 раза, чем в контроле (рис. 2). Количество побегов в опытных вариантах у *Оплота* в этой фазе было в 1,6 раза больше, чем у *Такмака*.

Дефицит N в поливном растворе привел к снижению сырой массы растений обоих сортов, особенно во второй фазе трубкования перед началом колошения: в 3,7 и 4,5 раза у сортов *Оплот* и *Такмак* соответственно. Сухие массы растений в этот период уменьшились в 2,6 и 4,3 раза соответственно.

Снижение массы растений при выращивании на растворах с дефицитом N связано, в основном, с уменьше-

нием побегообразования, при этом реакция обоих сортов была близка по отношению к контролю (рис. 3).

#### Влияние концентрации $N-NO_3$ в поливных растворах на формирование фотосинтетического аппарата верхних листьев главного побега растений ячменя

Массы листьев верхнего яруса главного побега растений сорта *Оплот*, выращенных на растворе Кнопа, меньше чем у *Такмака* (рис. 4). У *Оплота* с увеличением ярусности листьев от 6 до 8 от уровня субстрата сырая и сухая масса уменьшалась, при этом у листьев 8 яруса (флаг-листья) в 4,9 и 4,0 раза соответственно оказалась меньше аналогичных масс листьев 6 яруса (рис. 4). У сорта *Такмак* отличия в сырой массе листьев 6 и 7 ярусов находились в пределах ошибки, 8 яруса (флаг-листья) в 1,9 раза меньше массы листа 6 яруса. Сухие массы листьев 7 и 8 ярусов главного побега у сорта *Такмак* достоверно от сухой массы листьев 6 яруса не отличались ( $t_d = 1,95 < t_{st} = 2,23$  при  $n = 12$  и  $\alpha < 0,05$ ). Характеристика площадей листьев верхнего яруса контрольных растений сортов *Оплот* и *Такмак* повторяет закономерности, описанные при сравнении сырых масс соответствующих листьев. Поэтому разница в величине УПП соответствующих листьев у *Оплота* и *Такмака* в пределах ошибки эксперимента (рис. 4).

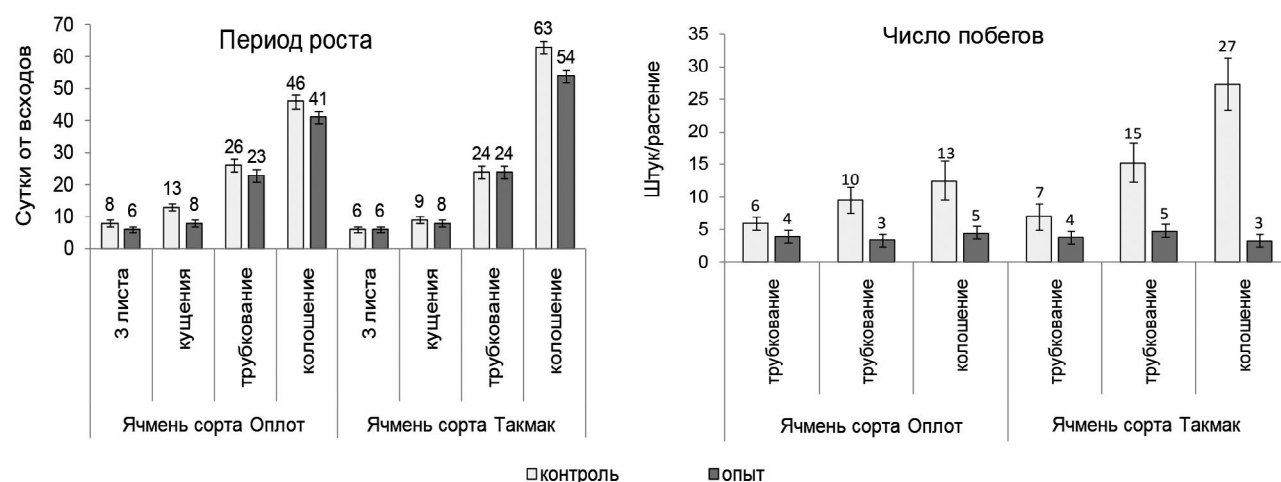


Рис. 2. Переход к очередной фазе развития (сутки от всходов) и количество побегов в зависимости от концентрации  $N-NO_3$  в поливном растворе.

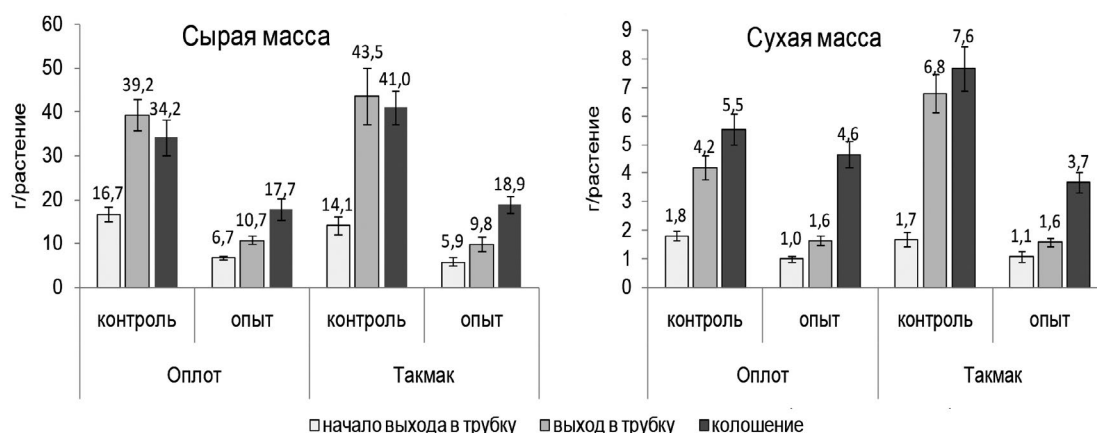


Рис. 3. Надземная масса растений ячменя сортов *Оплот* и *Такмак* в зависимости от фазы роста и концентрации  $N-NO_3$  в питательном растворе.

Недостаток N в поливном растворе повлиял на формирование фотосинтетического аппарата листьев главного побега. Сырая и сухая масса листьев 6 яруса у сорта *Оплот* уменьшилась в 3,9 и 2,5 раза соответственно против 2,1 и 1,6 раза у *Такмака*. Сырая масса листьев 7 и 8 ярусов у *Оплота* уменьшилась в 2,4 и 3,1 раза, у *Такмака* в 4,0 и 5,3 раза соответственно. Снижение сухой массы листьев 7 и 8 ярусов также было менее значительным у *Оплота*, площади листьев верхнего яруса главного побега сорта *Оплот* — в пределах 2,5...2,7, *Такмак* — 1,5...3,4 раза. Из-за того, что сырая масса листьев и их площадь уменьшались в опытных вариантах непропорционально, наблюдалось снижение УПП листьев, но различия между контрольными и соответствующими опытными вариантами были не достоверными (рис. 4).

Концентрация хлорофиллов в листьях 6 и 7 ярусов главного побега ячменя сорта *Оплот* в контроле была несколько выше, чем в контроле у соответствующих листьев сорта *Такмак*, но в листьях 8 яруса (флаг-лист) концентрация хлорофиллов у *Оплота* была на 26% ниже, чем у *Такмака* (рис. 5). Выращивание ячменя на растворах с дефицитом N не повлияло на концентрацию хлорофиллов в листьях двух верхних ярусов, но в листьях 6 яруса сортов *Оплот* и *Такмак* наблюдали достоверное снижение их концентрации в 1,5 и 1,9 раза соответственно, по сравнению с контролем ( $t_d = 4,3$  и  $5,2$  соответственно  $> t_{st} = 2,4$  при  $n = 6$  и  $\alpha \leq 0,05$ ). С учетом меньшей площади листьев в опытных вариантах обоих сортов общее содержание фотосинтетических пигментов в них было меньше, чем в аналогич-

ных листьях соответствующих контрольных вариантов (рис. 5). Дефицит азота не оказал достоверного влияния на соотношение фотосинтетических пигментов в листьях верхнего яруса главных побегов ячменя обоих сортов (рис. 6).

#### Влияние концентрации N-NO<sub>3</sub> в поливных растворах на урожай растений ячменя

Из сравнения растений ячменя сортов *Оплот* и *Такмак*, выращенных на растворах Кнopa видно, что высота растений и длина стебля главного побега ячменя сорта *Оплот* превышает аналогичные показатели *Такмака* на 13 см, а длина колоса близка к данному показателю сорта *Такмак* (табл. 2).

К моменту уборки урожая разница в общем кушении между сортами в контрольных вариантах находилась в пределах ошибки, но продуктивное кушение у *Оплота* было достоверно в 1,4 раза выше, чем у *Такмака* ( $t_d = 3,68 > t_{st} = 2,2$  при  $n = 10$  и  $\alpha \leq 0,05$ ). Доля продуктивных побегов у *Оплота* — 49, *Такмака* — 33%. Масса 1000 зерен у ячменя сорта *Оплот* больше, чем у сорта *Такмак*. Масса зерна с колоса главного побега между сортами достоверно не отличалась, но масса зерна, полученная с боковых побегов у *Оплота*, была почти в 2,3 раза больше, чем у *Такмака*. В результате  $K_{хоз.}$  и урожай зерна ячменя сорта *Оплот* оказались в два раза выше, чем у *Такмака* (табл. 2).

Выращивание растений на растворах с дефицитом N привело к уменьшению высоты растений на 33 (*Оплот*) и 5 см (*Такмак*) ( $t_d = 24$  и  $4,1$  соответственно  $> t_{st} = 2,1$  при  $n = 30$  и  $\alpha \leq 0,05$ ). Длина стебля главного побега у *Оплота* стала короче на 31, *Такмака* —

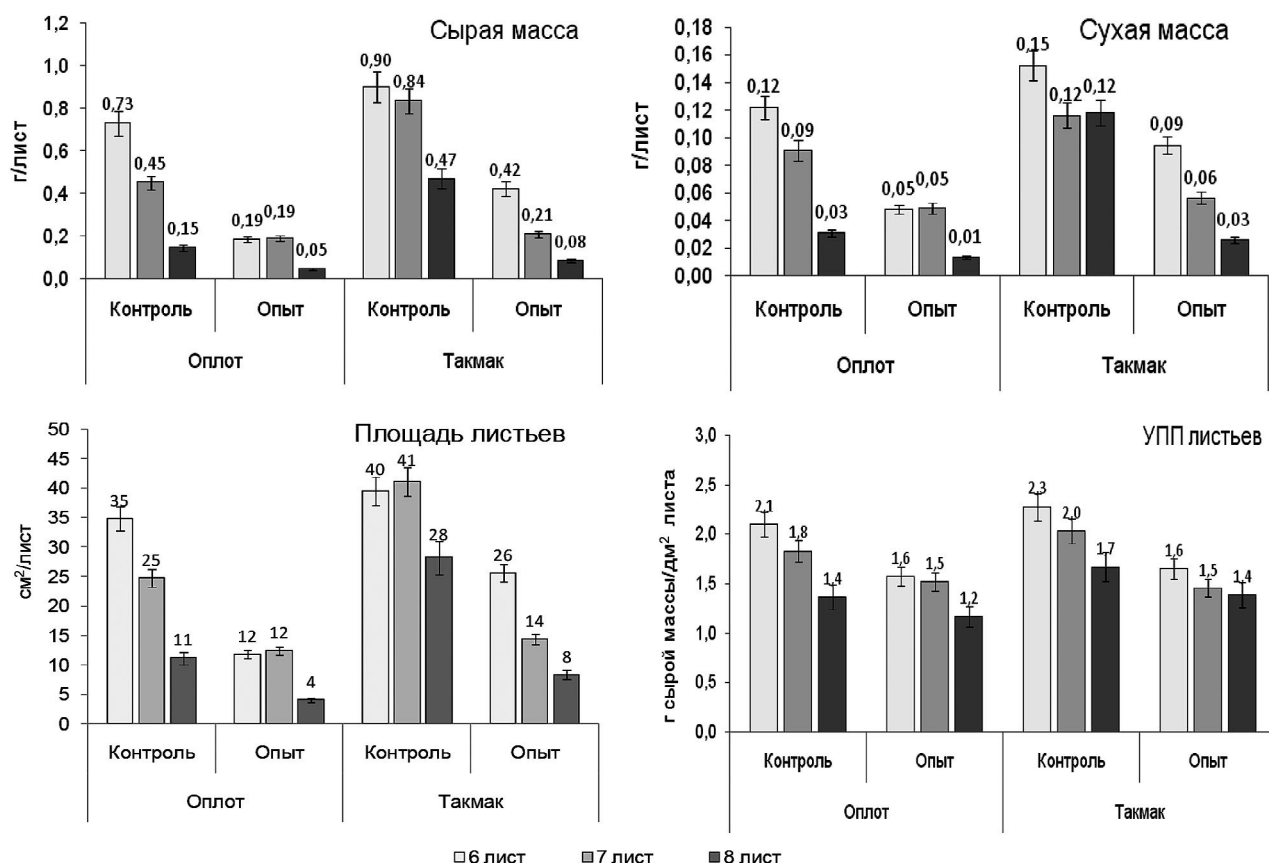


Рис. 4. Характеристика листьев верхнего яруса главного побега растений ячменя сортов *Оплот* и *Такмак* в зависимости от концентрации N-NO<sub>3</sub> в питательном растворе.

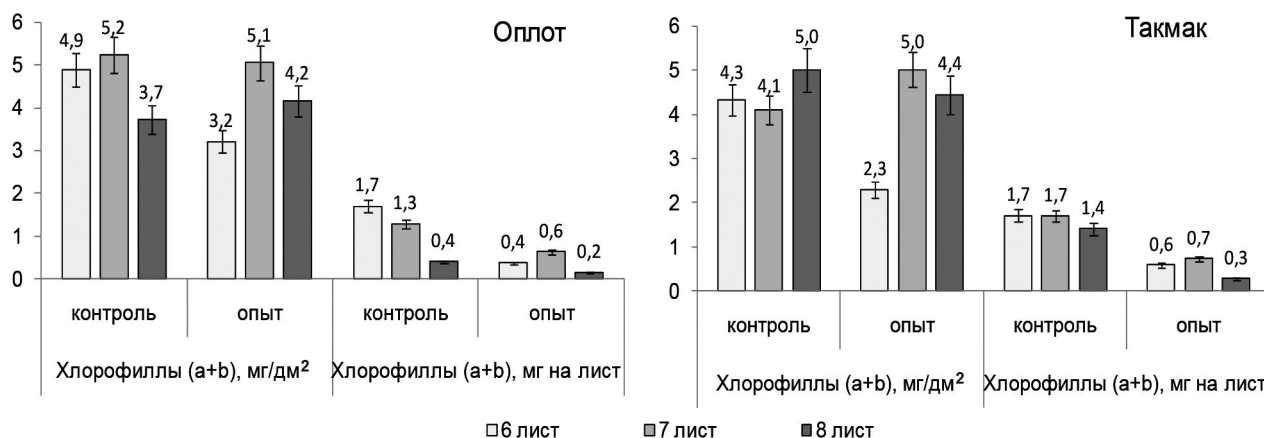


Рис. 5. Содержание хлорофиллов в листьях верхнего яруса главного побега растений ячменя сортов *Оплот* и *Такмак* в зависимости от концентрации  $N-NO_3$  в питательном растворе.

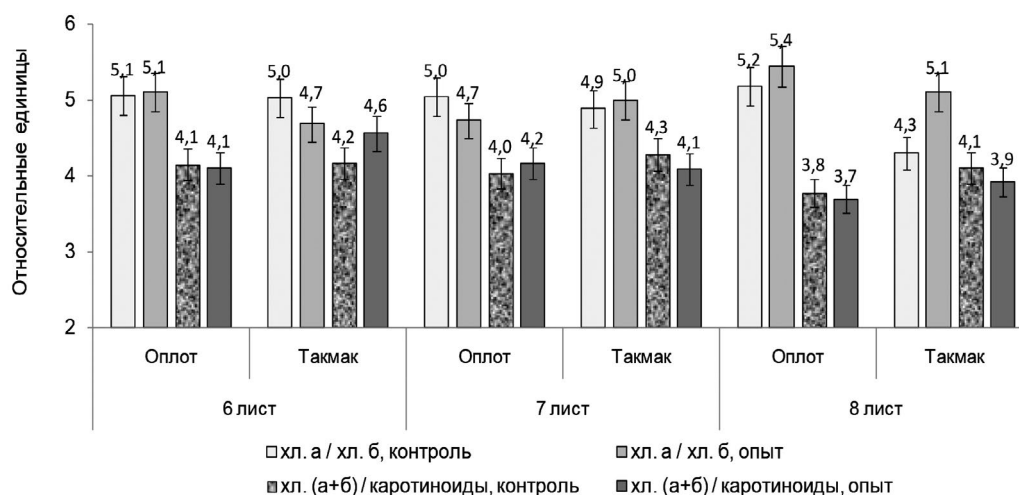


Рис. 6. Соотношение фотосинтетических пигментов в листьях верхнего яруса главного побега растений ячменя сортов *Оплот* и *Такмак* в зависимости от концентрации  $N-NO_3$  в питательном растворе.

Таблица 2.

Влияние концентрации  $N-NO_3$  в питательном растворе на характеристику растений ячменя сорта *Такмак*, достигших технической зрелости

| Показатель                                 | Оплот       |             | Такмак      |             |
|--------------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|                                            | Контроль    | Опыт        | Контроль    | Опыт        |
| Высота растения, см                        | 93,2 ± 0,7  | 60,1 ± 1,2  | 80,1 ± 1,0  | 75,1 ± 0,7  |
| Длина стебля главного побега, см           | 83,4 ± 0,8  | 52,8 ± 1,1  | 69,9 ± 1,0  | 66,7 ± 0,7  |
| Длина колоса главного побега, см           | 9,2 ± 0,1   | 7,7 ± 0,1   | 9,8 ± 0,3   | 8,4 ± 0,1   |
| Общее кущение, шт./м²                      | 9170 ± 511  | 4025 ± 210  | 9870 ± 735  | 4025 ± 385  |
| Продуктивное кущение, шт./м²               | 4494 ± 165  | 1680 ± 70   | 3185 ± 315  | 2135 ± 105  |
| Масса зерна главного побега, г/раст.       | 0,80 ± 0,03 | 0,75 ± 0,04 | 0,73 ± 0,03 | 0,74 ± 0,04 |
| Масса зерна боковых побегов, г/раст.       | 6,31 ± 0,42 | 1,74 ± 0,13 | 2,80 ± 0,34 | 2,16 ± 0,17 |
| Масса 1000 зерен главного побега, г        | 55,3 ± 4,8  | 56,9 ± 2,6  | 39,9 ± 1,2  | 49,4 ± 5,3  |
| Масса 1000 зерен боковых побегов, г        | 44,8 ± 2,4  | 45,2 ± 3,2  | 35,0 ± 1,8  | 39,2 ± 2,7  |
| Урожай зерна, кг/м²                        | 2,5 ± 0,1   | 0,9 ± 0,1   | 1,2 ± 0,1   | 1,0 ± 0,1   |
| Масса растений, кг/м²                      | 7,5 ± 0,4   | 2,2 ± 0,1   | 7,4 ± 0,7   | 3,0 ± 0,2   |
| Коэффициент хозяйственной эффективности, % | 33,3 ± 1,5  | 39,1 ± 2,0  | 16,6 ± 2,2  | 33,4 ± 2,3  |

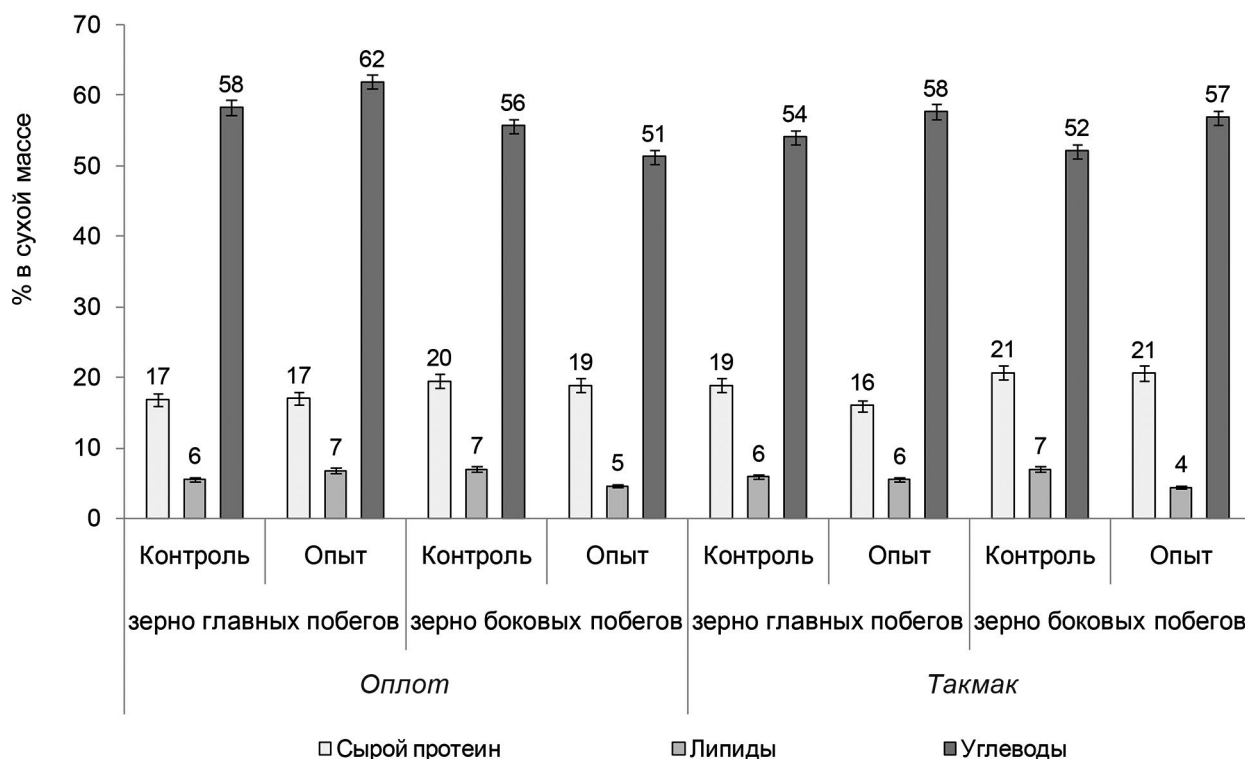


Рис. 7. Биохимический состав зерна растений ячменя сортов *Опilot* и *Такмак* в зависимости от концентрации  $N-NO_3$  в питательном растворе.

3 см ( $t_d = 22$  и  $2,6$  соответственно  $> t_{st} = 2,1$  при  $n = 30$  и  $\alpha \leq 0,05$ ). Общее кущение, по сравнению с контролем, уменьшилось у обоих сортов в 2,4 раза, но продуктивное кущение уменьшилось в 2,7 (*Опilot*) и 1,5 раза (*Такмак*). Если продуктивное кущение в расчете на  $1\text{ м}^2$  посева в контрольных вариантах у *Опilot* было на 1300 побегов больше, чем у *Такмака*, то в опытных, напротив, у *Такмака* оказалось на 500 продуктивных побегов больше, чем у *Опilot* (табл. 2).

Изменения массы зерна главных побегов ячменя обоих сортов опытных вариантов находились в пределах ошибки эксперимента, но масса зерна боковых побегов опытных растений у *Опilot* и *Такмака* уменьшилась в 3,6 и 1,3 раза соответственно. При выращивании на растворах с дефицитом азота урожай зерна практически не отличался. Общая биомасса уменьшилась в 3,4 (*Опilot*) и 2,5 раза (*Такмак*), а  $K_{хоз.}$  увеличился в 1,2 (*Опilot*) и 2,0 раза (*Такмак*) (табл. 2).

Выращивание растений ячменя на растворах с дефицитом азота привело к увеличению содержания крахмала в зерне главных побегов. В зерне боковых побегов обоих сортов несколько уменьшилось содержание липидов (рис. 7).

**Выводы.** Сравнение скорости поглощения макроэлементов растениями ячменя сортов *Опilot* и *Такмак* в зависимости от состава поливного раствора показывает более высокую требовательность первого к наличию элементов минерального питания в поливном растворе.

Дефицит азота в поливном растворе не оказывал существенного влияния на концентрацию и соотношение фотосинтетических пигментов в верхних листьях главного побега обоих сортов, но значительное снижение массы и площади листьев привело к умень-

шению содержания пигментов в расчете на лист, что не повлияло достоверно на массу зерен главных побегов обоих сортов.

При выращивании ячменя на растворе с достаточным обеспечением элементами минерального питания у *Опilot* наблюдали более высокую продуктивность, чем у *Такмака*. На растворах с дефицитом азота урожай зерна уменьшился в 2,8 раза (*Опilot*), у сорта *Такмак* отличия между контрольным и опытным вариантами были недостоверными, что связано с разницей между сортами в количестве продуктивных побегов в опытных вариантах. *Такмак* показал наиболее высокую устойчивость к дефициту N в поливном растворе и лучшую пластичность, по сравнению с *Опilotом*.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Артюхова О.А., Гладышева О.В., Свирина В.А. Влияние элементов технологий возделывания на урожайность новых пивоваренных сортов ярового ячменя // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2020. № 2. С. 21–25. <https://doi.org/10.30850/vrsn/2020/2/21-25>.
2. Кафтан Ю.В. Влияние засорённости посевов ячменя и минерального питания на урожайность в центральной зоне Оренбургской области // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2021. № 4 (90). С. 104–108. doi: 10.37670/2073-0853-2021-90-4-104-108.
3. Коваль С.В., Шаманин В.П. Растение в опыте. Омск: Издательство ИЦиГ СО РАН. ОмГАУ, 1999. 201 с.
4. Пискарева Л.А., Чевердин А.Ю. Урожайность и качественные показатели зерна ячменя в зависимости от сортовых особенностей и уровня минерального питания // Journal of Agriculture and Environment. 2021. (17). <https://doi.org/10.23649/jae.2021.1.17.8> элект. форма.

5. Сорт Такмак (ячмень яровой). ФГБУ Госсорткомиссия. [Электронный доступ]. — Режим доступа: <https://reestr.gossortrf.ru/sorts/8356368/>, свободный. — (дата обращения: 16.05.2023).
6. Сурин Н.А., Ляхова Н.Е. Культура ячменя в Восточной Сибири // Вестник КРАСГАУ. 2017. № 4. С. 52–65.
7. Тихомиров А.А., Ушакова С.А., Величко В.В. и др. Особенности роста и развития сортов двурядного (v. nutans) и шестирядного ячменя (v. rikotense) в условиях светокультуры // Российская сельскохозяйственная наука. 2022. № 2. С. 19–24. doi: 10.31857/S2500262722020041.
8. Юсова О.А., Николаев П.Н. Изменение урожайности и качества зерна ячменя ярового с повышением адаптивности сортов // Зерновое хозяйство России. 2021. № 2. С. 75–80. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2021-74-2-75-80>.
9. Якубышина Л.И., Логинов Ю.П. Урожайность семян сортов ячменя в зависимости от уровня минерального питания в северной лесостепи Тюменской области // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2021. № 6 (92). С. 51–58. <https://doi.org/10.37670/2073-0853-2021-92-6-51-58>.
10. Alqudah A.M., and Schnurbusch T. Awn primordium to tipping is the most decisive developmental phase for spikelet survival in barley // Funct. Plant Biol. 2014. 41. P. 424–436. <https://doi.org/10.1071/Fp13248>.
11. Borrás-elonch G., Slafer G. A., Casas A. M. et al. Genetic control of pre-heading phases and other traits related to development in a double-haploid barley (*Hordeum vulgare* L.) population // Field Crops Res. 2010. Vol. 119. PP. 36–47. doi: 10.1016/j.fcr.2010.06.013.
12. Creissen H.E., Jorgensen T.H., Brown J.K.M. Increased yield stability of field-grown winter barley (*Hordeum vulgare* L.) varietal mixtures through ecological processes // Crop Protection. 2016. 85. PP. 1–8. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cropro.2016.03.001>.
13. Jia Q., Yang L., An H. et al. Nitrogen fertilization and planting models regulate maize productivity, nitrate and root distributions in semi-arid regions // Soil and Tillage Research. 2020. V. 200. 104636. <https://doi.org/10.1016/j.still.2020>.
14. O'Donovan J.T., Turkington T.K., Edney M.J. et al. Seeding rate, nitrogen rate, and cultivar effects on malting barley production // Agronomy journal. 2011. Vol. 103. No. 3. PP. 709–716. doi: 10.2134/agronj2010.0490.
15. Prikupets L.B. Technological Lighting for AgroIndustrial Installation in Russia // Light & Engineering. 2018. Vol. 26. No. 4. PP. 7–17. doi:10.33383/2017-079.
16. Vaziritabar Y., Frei M., Yan F. et al. Enhancing nitrogen use efficiency and plant productivity in long-term pre-crop/crop rotation and fertilization management // Field Crops Research Vol. 306. 1 February 2024, 109210. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2023.109210>.
17. Orenburgskoj oblasti // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2021. № 4 (90). S. 104–108. doi: 10.37670/2073-0853-2021-90-4-104-108.
18. Koval' S.V., Shamanin V.P. Rastenie v opy'te. Omsk: Izdatel'stvo ICiG SO RAN. OmGAU, 1999. 201 s.
19. Piskareva L.A., Cheverdin A.Yu. Urozhajnost' i kachestvenny'e pokazateli zerna yachmenya v zavisimosti ot sortovy'x osobennostej i urovnya mineral'nogo pitaniya // Journal of Agriculture and Environment. 2021. 17. <https://doi.org/10.23649/jae.2021.1.17.8> e'lekt. forma.
20. Sort Takmak (yachmen' yarovoj). FGBU Gossortkomissiya. [E'lektronny'j dostup]. — Rezhim dostupa: <https://reestr.gossortrf.ru/sorts/8356368/>, svobodny'j. — (data obrashheniya: 16.05.2023).
21. Surin N.A., Lyaxova N.E. Kul'tura yachmenya v Vostochnoj Sibiri // Vestnik KRASGAU. 2017. № 4. S. 52–65.
22. Tixomirov A.A., Ushakova S.A. Velichko V.V. et al. Osobennosti rosta i razvitiya sortov dvuryadnogo (v. nutans) i shestiryadnogo yachmenya (v. rikotense) v usloviyax svetokul'tury' // Rossijskaya sel'skoxozyajstvennaya nauka. 2022. № 2. S. 19–24. <https://doi.org/10.31857/S2500262722020041>.
23. Yusova O.A. Nikolaev P.N. Izmenenie urozhajnosti i kachestva zerna yachmenya yarovogo s povы'sheniem adaptivnosti sortov // Zernovoe xozyajstvo Rossii. 2021. № 2. S. 75–80. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2021-74-2-75-80>.
24. Yakuby'shina L.I., Loginov Yu.P. Urozhajnost' semyan sortov yachmenya v zavisimosti ot urovnya mineral'nogo pitaniya v severnoj lesostepi Tyumenskoj oblasti // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2021. № 6 (92). S. 51–58. <https://doi.org/10.37670/2073-0853-2021-92-6-51-58>.
25. Alqudah A.M., and Schnurbusch T. Awn primordium to tipping is the most decisive developmental phase for spikelet survival in barley // Funct. Plant Biol. 2014. 41. P. 424–436. <https://doi.org/10.1071/Fp13248>.
26. Borrás-elonch G., Slafer G.A., Casas A.M. et al. Genetic control of pre-heading phases and other traits related to development in a double-haploid barley (*Hordeum vulgare* L.) population // Field Crops Res. 2010. Vol. 119. PP. 36–47. doi: 10.1016/j.fcr.2010.06.013.
27. Creissen H.E., Jorgensen T.H., Brown J.K.M. Increased yield stability of field-grown winter barley (*Hordeum vulgare* L.) varietal mixtures through ecological processes // Crop Protection. 2016. 85. PP. 1–8. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cropro.2016.03.001>.
28. Jia Q., Yang L., An H. et al. Nitrogen fertilization and planting models regulate maize productivity, nitrate and root distributions in semi-arid regions // Soil and Tillage Research. 2020. V. 200. 104636. <https://doi.org/10.1016/j.still.2020>.
29. O'Donovan J.T., Turkington T.K., Edney M.J. et al. Seeding rate, nitrogen rate, and cultivar effects on malting barley production // Agronomy journal. 2011. Vol. 103. No. 3. PP. 709–716. doi: 10.2134/agronj2010.0490.
30. Prikupets L.B. Technological Lighting for AgroIndustrial Installation in Russia // Light & Engineering. 2018. Vol. 26. No. 4. PP. 7–17. <https://doi.org/10.33383/2017-079>.
31. Vaziritabar Y., Frei M., Yan F. et al. Enhancing nitrogen use efficiency and plant productivity in long-term pre-crop/crop rotation and fertilization management // Field Crops Research Vol. 306. 1 February 2024, 109210. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2023.109210>.

## REFERENCES

1. Artyuxova O.A., Gladysheva O.V., Svirina V.A. Vliyaniye e'lementov tekhnologij vozdel'yvaniya na urozhajnost' novy'x pivovareny'x sortov yarovogo yachmenya // Vestnik rossijskoj sel'skoxozyajstvennoj nauki. 2020. № 2. S. 21–25. doi: 10.30850/vrsn/2020/2/21-25.
2. Kaftan Yu.V. Vliyaniye zasoryonnosti posevov yachmenya i mineral'nogo pitaniya na urozhajnost' v central'noj zone

Поступила в редакцию 13.03.2024  
Принята к публикации 27.03.2024



## ВЛИЯНИЕ РИЗОБИЙ СОИ НА ПОСЕВНЫЕ КАЧЕСТВА СЕМЯН СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Игорь Юрьевич Татаренко, кандидат сельскохозяйственных наук

Мария Владимировна Якименко, кандидат биологических наук

Арина Игоревна Сорокина, кандидат ветеринарных наук

ФНЦ «Всероссийский научно-исследовательский институт сои», г. Благовещенск, Амурская область, Россия

E-mail: tigy@vniisoi.ru

**Аннотация.** Для выращивания высоких и устойчивых урожаев с хорошим качеством продукции очень важно получать своевременные, полноценные и дружные всходы оптимальной густоты. Поэтому проблема стимулирования или ингибирования прорастания семян и происходящих в них процессов занимает важное место в современном растениеводстве. К перспективным технологическим мероприятиям, обеспечивающим повышение урожайности и качества продукции растениеводства, относится метод предпосевной обработки семян ризобиями. Сотрудниками лаборатории биологических исследований ФГБНУ ФНЦ ВНИИ сои изучена возможность стимулирования прорастания и обеззараживания семян сои, люпина, вигны, пшеницы, ячменя с помощью чистых культур *Sinorhizobium fredii*. В работе использовали коллекционные штаммы ризобий, показавшие обильный рост бактериальной массы на питательной среде МРС. Стандарт — типовой штамм *S. fredii* 5851 из коллекции микроорганизмов и клеточных культур Института Лейбница (DSMZ), Германия. В вариантах со штаммами наблюдали устойчивые стимулирующий и оздоравливающий эффекты. Установлено, что в среднем с *S. fredii* всхожесть возросла на 37%, длина проростков — 224, сырая масса проростков — 23%, по сравнению с контролем. Максимально стимулировали процесс прорастания семян сельскохозяйственных культур штаммы *S. fredii* ББ-49, СБ-39, СБ-43, ТБ-422, ТБ-488, ТБ-490, ТБ-496, 062.

**Ключевые слова:** *Sinorhizobium fredii*, ризобии, штамм, сорт, чистая культура, всхожесть, длина проростка, сырая масса проростков

## THE INFLUENCE OF SOYBEAN RHIZOBIA ON THE AGRICULTURAL SEEDS SOWING QUALITIES

I.Yu. Tatarenko, *PhD in Agricultural Sciences*

M.V. Yakimenko, *PhD in Biological Sciences*

A.I. Sorokina, *PhD in Veterinary Sciences*

Federal Scientific Center All-Russian Scientific Research Institute of Soybean, Blagoveshchensk, Amur region, Russia

E-mail: tigy@vniisoi.ru

**Abstract.** To grow high and stable yields with good product quality, it is very important to receive timely, full-fledged and friendly shoots of optimal density. Therefore, the problem of stimulating, or inhibiting, seed germination and the processes occurring in them occupies an important place in modern crop production. The method of pre-sowing seed treatment with rhizobia is one of the promising technological measures that ensure an increase in yield and quality of crop production. The staff of the Laboratory of Biological Research of the Federal State Budgetary Budgetary Institution of the Federal Research Institute of Soy conducted a study of the possibility of stimulating germination and disinfection of soybean seeds, lupin, vigna, wheat, barley using pure *Sinorhizobium fredii* crops. The work used collectible strains of rhizobia, which showed an abundant growth of bacterial mass on the nutrient medium of the MRC. The standard strain was *S. fredii* 5851 from the collection of microorganisms and cell cultures of the Leibniz Institute (DSMZ), Germany. In variants with strains, stable stimulating and healing effects were observed. As a result of a scientific experiment, it was found that, on average, in variants with *S. fredii* strains, germination increased by 37%, the length of seedlings — by 224%, the raw weight of seedlings — by 23% compared with the control (without treatment with strains). *S. fredii* strains BB-49, SB-39, SB-43, TB-422, TB-488, TB-490, TB-496, 062 maximally stimulated the process of germination of agricultural seeds.

**Keywords:** *Sinorhizobium fredii*, rhizobia, strain, variety, pure culture, germination, seedling length, raw weight of seedlings

Многовековой практикой человек усиливал те признаки семян, при реализации которых можно добиться получение растительных организмов с высокой продуктивной способностью. Урожайность, как показывают исследования многих ученых, во многом зависит от темпа начального развития, или «стартового» состояния семян. Чем энергичнее развивается проросток, тем быстрее он переходит на корневое питание, избегая болезни и неблагоприятные условия среды прорастания. [2, 6]

Для выращивания высоких и устойчивых урожаев с хорошим качеством продукции очень важно получать своевременные, полноценные и дружные всходы оптимальной густоты. Поэтому проблема стимулиро-

вания или ингибирования, прорастания семян и происходящих в них процессов занимает важное место в современном растениеводстве как в теоретическом, так и практическом отношениях. [1, 7, 8]

Механизмы влияния клубеньковых бактерий на растение можно разделить на два типа: прямой эффект и опосредованный. К первому причислены: гормональная стимуляция, увеличение поступления питательных веществ в растения. Фитогормоны, витамины и другие биологически активные вещества, которые производят бактерии, относятся к важнейшим механизмам взаимодействия в растительно-бактериальных ассоциациях. [9, 11, 12] Например, ауксины стимулируют развитие корневой системы, регулируют диф-

ференцировку органов и другое, цитокинины индуцируют деление клеток, повышают всхожесть семян, положительно влияют на растение, которое находится в неблагоприятных для роста и развития условиях, гиббереллины помогают вегетативному росту, ускоряют прорастание семян. [10, 13]

К опосредованным эффектам относят положительное действие бактерий, которое связано с подавлением болезней и повышением устойчивости растений к всевозможным стрессовым факторам. При успешной конкуренции ризобактерии, в том числе и клубеньковые, подавляют рост и развитие различных почвенных фитопатогенов и вытесняют их из зоны влияния на растение. [5, 14]

Цель работы — выявить штаммы *Sinorhizobium fredii*, обладающие стимулирующим действием на семена сельскохозяйственных культур и улучшающим их посевные качества без применения химикатов.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объект изучения — штаммы чистых культур *S. fredii*, выделенные из природных популяций Дальнего Востока, семена сои, люпина, вигны, пшеницы, ячменя.

Возможность улучшенного прорастания и обеззараживания семян сельскохозяйственных культур с помощью ризобий сои исследовали по методике С.А. Бегуна. [3] Использовали минерально-растительную среду (МРС), г/л:  $K_2HPO_4$  — 0,5;  $KH_2PO_4$  — 0,5;  $MgSO_4$  — 0,1;  $CaSO_4$  — 0,1;  $NaCl$  — 0,2; маннит — 20,0; соевая мука — 10,0; агар-агар — 20,0, которую стерилизовали и разливали в чашки Петри 1/3 объема. Подготовленные чашки Петри в шести повторностях при стерильных условиях засеивали чистыми культурами ризобий *S. fredii*, отобранными для исследований. Для получения сплошного газона изучаемых штаммов, в подготовленные чашки бактериологической петлей вносили посевной материал, равномерно распределяя по всей поверхности МРС. Далее инкубировали в термостате при 27...28°C в течение 10 сут., наблюдая за характером роста ризобий. Брели нестерильные семена сельскохозяйственных растений (соя, пшеница, ячмень, вигна, люпин), которые предварительно перебирали, выбраковывая колотые и порченные.

Семена проращивали в чашках Петри на десятисуточной чистой культуре ризобий *S. fredii*. В контрольных вариантах семена высевали на питательную среду без ризобий. На третьи-седьмые сутки проводили учет длины проростков, всхожести, энергии прорастания семян, их заселенности эпифитной микрофлорой. [4]

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Изучали возможность стимулирования прорастания и обеззараживания семян сои, люпина, вигны, пшеницы, ячменя с помощью чистых культур ризобий сои. В работе использовали штаммы *S. fredii* ББ-49, СБ-39, СБ-43, ТБ-422, ТБ-488, ТБ-490, ТБ-496, ЗБ-79, 062, показавшие обильный рост бактериальной массы на питательной среде МРС. Стандарт — типовой штамм 5851 *S. fredii* из коллекции микроорганизмов и клеточных культур Института Лейбница (DSMZ), Германия. В вариантах со штаммами наблюдали устойчивые стимулирующий и оздоравливающий эффекты (табл. 1).

Во всех контрольных чашках Петри на седьмые сутки роста была высокая инфицированность нестерильных семян сельскохозяйственных культур эпифитной микрофлорой.

При посеве семян по газону чистых культур *S. fredii* микрофлора, находящаяся на семенах, не прорастала или появлялись единичные колонии.

При размещении семян сои по газону чистых культур ризобий, в первую очередь, стимулируется скорость прорастания семян. В среднем энергия прорастания бактеризованных семян сои возросла в 3,4 раза, длина проростков — 3,7 раза, по сравнению с контролем (рис. 1, табл. 2).

Стимуляция прорастания семян других сельскохозяйственных культур изучаемыми штаммами на третьи сутки была менее заметна. Отдельные штаммы *S. fredii* увеличили энергию прорастания семян ячменя, темп их прорастания возрос в 2,3 (СБ-43, ТБ-496)...2,7 раза (062), длина проростков — 3,0...3,7 раза, по сравнению с контролем. Положительный эффект бактеризации семян вигны (*Vigna angularis*) был отмечен со штаммами *S. fredii* СБ-43, ТБ-469, ТБ-488, 062. Менее всего на инокуляцию семян реагировала пшеница сорта *Арюна* (табл. 3).

Таблица 1.  
Средние показатели всхожести, длины и сырой массы проростков нестерильных семян сельскохозяйственных растений при выращивании по газону чистых культур *Sinorhizobium fredii* на седьмые сутки, 2023 год

| Культура, сорт          | Вариант  | Всхожие семена |              | Длина проростка |              | Наличие микрофлоры | Сырая масса проростков |              |
|-------------------------|----------|----------------|--------------|-----------------|--------------|--------------------|------------------------|--------------|
|                         |          | %              | % к контролю | см              | % к контролю |                    | г/10 раст.             | % к контролю |
| Соя, <i>Сентябринка</i> | контроль | 100            | 100          | 2,95            | 100          | +                  | 4,32                   | 100          |
|                         | ризобии  | 100            | 100          | 3,9             | 133          | н                  | 5,87                   | 136          |
| Пшеница, <i>Арюна</i>   | контроль | 10             | 100          | 0,5             | 100          | +                  | 0,62                   | 100          |
|                         | ризобии  | 17             | 170          | 1,52            | 304          | н                  | 0,8                    | 125          |
| Ячмень, <i>Амур</i>     | контроль | 80             | 100          | 1,8             | 100          | +                  | 1,21                   | 100          |
|                         | ризобии  | 89             | 111          | 4,57            | 254          | н                  | 1,92                   | 125          |
| Люпин, <i>к408</i>      | контроль | 40             | 100          | 1,0             | 100          | +                  | 3,53                   | 100          |
|                         | ризобии  | 48             | 130          | 1,48            | 148          | н                  | 4,34                   | 123          |
| Вигна                   | контроль | 100            | 100          | 0,8             | 100          | +                  | 2,93                   | 100          |
|                         | ризобии  | 98             | 98           | 2,23            | 279          | н                  | 3,43                   | 117          |

Примечание. — н — Нет микрофлоры, + — есть (то же в табл. 3, 4).

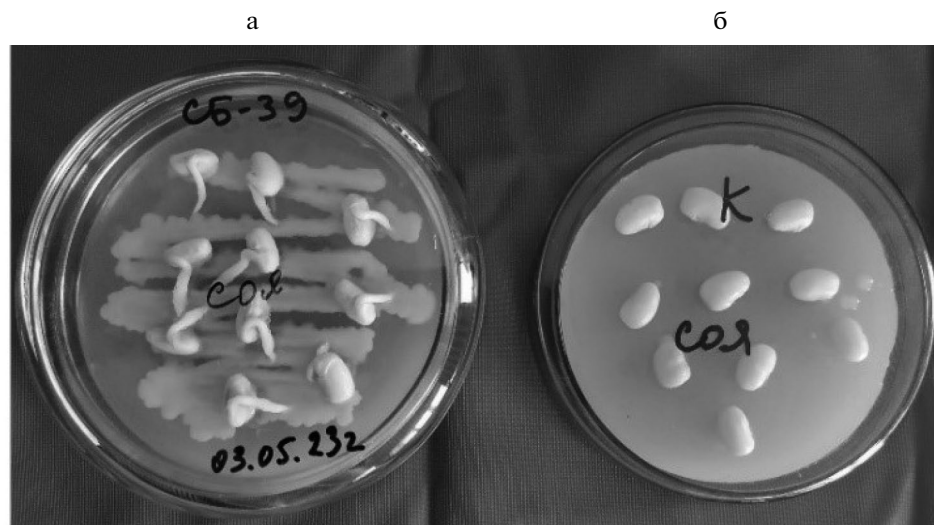


Рис. 1. Стимуляция прорастания семян сои сорта *Сентябрянка*, третьи сутки роста:  
а — инокуляция коллекционным штаммом; б — без инокуляции.

Таблица 2.

Статистические параметры длины и массы проростков нестерильных семян сельскохозяйственных растений при выращивании по газону чистых культур *Sinorhizobium fredii*, 2023 год

| Культура                           | Среднее арифметическое (X) | Размах вариации (lim) | Стандартное отклонение (σ) | Коэффициент вариации (Cv, %) |
|------------------------------------|----------------------------|-----------------------|----------------------------|------------------------------|
| Длина проростка, см                |                            |                       |                            |                              |
| Соя, люпин, вигна, пшеница, ячмень | 2,6                        | 0,2...7,12            | 1,7                        | 63,5                         |
| Сырая масса проростков, г/10 раст. |                            |                       |                            |                              |
|                                    | 3,2                        | 0,54...7,74           | 1,9                        | 59,6                         |

Показатель всхожести семян по вариантам с бактериализацией существенно различался по сельскохозяйственным культурам (табл. 4). Всхожесть семян сои и вигны практически во всех вариантах, включая контроль, была 100%.

В экспериментах с семенами ячменя сорта *Амур* показатель всхожести в контроле был высокий (80%), применение чистых культур *S. fredii* привело к его увеличению на 11%. Штаммы СБ-43, ТБ-469, 062 повысили всхожесть семян на 25%, по сравнению с контролем. Всхожесть семян пшеницы по усредненным данным была низкой (10%). В результате инокуляции произошло повышение показателя всхожести почти в два раза, по сравнению с контролем. Лучшие результаты всхожести семян пшеницы отмечены в вариантах со штаммами ТБ-490, 062. В них всхожесть повысилась в три раза, по сравнению с контролем. В среднем всхожесть бактеризованных семян пшеницы, ячменя, люпина, возросла на 37%, по сравнению с контролем.

Исследуемые ризобии заметно стимулировали увеличение длины проростков сельскохозяйственных культур. В экспериментах с пшеницей, штаммы *S. fredii* увеличили длину проростков, в среднем в три, а отдельные штаммы более, чем в пять (СБ-43, 062), шесть (ТБ-488, ТБ-496) раз, по сравнению с контролем. Статистическая обработка данных, полученных в результате исследования возможности стимулирования увеличения длины проростков сои, пшеницы, ячменя, люпина, вигны, показала их нормальное распределение (рис. 2). Наибольшая длина проростков — с инокуляцией семян ячменя *Амур*. В среднем этот показатель был на уровне 4,57 см,

а с бактериализацией семян ячменя штаммами СБ-39 — 5,22 см, ТБ-488 — 5,81, 062 — 6,41, СБ-43 — 7,12 см. В вариантах с ризобиями длина проростков сои, пшеницы, ячменя, люпина, вигны увеличилась на 224% при высокой изменчивости этого показателя ( $C_v = 63,5\%$ ).

При размещении нестерильных семян сельскохозяйственных культур по газону чистых культур изучаемых штаммов нарастала сырая масса проростков, средние показатели сои, пшеницы, ячменя, люпина, вигны варьировали от 0,54 до 7,74 г/10 раст. ( $C_v = 59,6\%$ ). Лучшие результаты были отмечены в вариантах с бактериализацией семян сои штаммами ББ-49, СБ-43, ТБ-488, пшеницы — СБ-43, 062, ТБ-488, ячменя — 062, СБ-43, ТБ-488, ТБ-496, люпина — СБ-43, ТБ-488, ТБ-496, вигны — 062, СБ-43, Т-496. Сырая масса проростков сои превышала контроль на 60...79%, пшеницы — 61...81, ячменя — 79...165, люпина — 29...69, вигны — 23...66% (рис. 3).

В вариантах с бактериализацией семян сырая масса проростков сои, пшеницы, ячменя, люпина, вигны увеличилась на 23%, по сравнению с контролем. Набор данных о нарастании сырой массы проростков сельскохозяйственных культур при бактериализации их семян имел незначительные отклонения от нормального распределения (рис. 4).

Таким образом, установлено, что типовой штамм 5851 *S. fredii* по изучаемым показателям не превышал контроль, наиболее высокие результаты энергии прорастания сои наблюдали в вариантах с бактериализацией штаммами *S. fredii* ББ-49, СБ-39, СБ-43, ТБ-422, ТБ-488, ТБ-496, ячменя, вигны — 062, СБ-43, ТБ-496, люпина — ТБ-422, ТБ-496; всхожести семян пшеницы — 062, ТБ-490,

Таблица 3.

Показатели всхожести, длины проростков нестерильных семян сельскохозяйственных растений при проращивании по газону чистых культур *Sinorhizobium fredii* на третьи сутки, 2023 год

| Культура, сорт     | Вариант  | Всхожие семена |     |              | Длина проростка |              | Наличие микрофлоры |
|--------------------|----------|----------------|-----|--------------|-----------------|--------------|--------------------|
|                    |          | шт.            | %   | % к контролю | см              | % к контролю |                    |
| Соя, Сентябрьринка | контроль | 3              | 30  | 100          | 0,3             | 100          | +                  |
|                    | 5851     | 9              | 90  | 300          | 0,5             | 167          | н                  |
|                    | ББ-49    | 10             | 100 | 333          | 0,6             | 200          | н                  |
|                    | 062      | 9              | 90  | 300          | 0,9             | 300          | н                  |
|                    | СБ-39    | 10             | 100 | 333          | 1,1             | 366          | н                  |
|                    | СБ-43    | 10             | 100 | 333          | 1,1             | 366          | н                  |
|                    | ТБ-422   | 10             | 100 | 333          | 1,2             | 400          | н                  |
|                    | ТБ-488   | 10             | 100 | 333          | 1,9             | 633          | н                  |
|                    | ТБ-490   | 7              | 70  | 233          | 1,6             | 533          | +                  |
|                    | ТБ-496   | 10             | 100 | 333          | 0,9             | 300          | н                  |
|                    | ЗБ-79    | 8              | 80  | 267          | 0,3             | 100          | н                  |
| Пшеница, Арюна     | контроль | 0              | 0   | —            | 0               | —            | +                  |
|                    | 5851     | 0              | 0   | —            | 0               | —            | +                  |
|                    | ББ-49    | 0              | 0   | —            | 0               | —            | н                  |
|                    | 062      | 1              | 10  | —            | 1,2             | —            | н                  |
|                    | СБ-39    | 1              | 10  | —            | 0,1             | —            | н                  |
|                    | СБ-43    | 1              | 10  | —            | 0,5             | —            | +                  |
|                    | ТБ-422   | 0              | 0   | —            | 0               | —            | н                  |
|                    | ТБ-488   | 1              | 10  | —            | 1,0             | —            | н                  |
|                    | ТБ-490   | 1              | 10  | —            | 0,1             | —            | н                  |
|                    | ТБ-496   | 1              | 10  | —            | 0,8             | —            | н                  |
|                    | ЗБ-79    | 0              | 0   | —            | 0               | —            | н                  |
| Ячмень, Амур       | контроль | 3              | 30  | 100          | 0,3             | 100          | +                  |
|                    | 5851     | 2              | 20  | 67           | 0,2             | 67           | н                  |
|                    | ББ-49    | 2              | 20  | 67           | 0,4             | 133          | н                  |
|                    | 062      | 8              | 80  | 267          | 0,9             | 300          | н                  |
|                    | СБ-39    | 3              | 30  | 100          | 0,3             | 100          | н                  |
|                    | СБ-43    | 7              | 70  | 233          | 1,0             | 333          | н                  |
|                    | ТБ-422   | 3              | 30  | 100          | 0,3             | 100          | н                  |
|                    | ТБ-488   | 4              | 40  | 133          | 0,9             | 300          | н                  |
|                    | ТБ-490   | 3              | 30  | 100          | 0,7             | 233          | н                  |
|                    | ТБ-496   | 7              | 70  | 233          | 1,1             | 367          | н                  |
|                    | ЗБ-79    | 3              | 30  | 100          | 0,3             | 100          | н                  |
| Люпин, к408        | контроль | 1              | 10  | 100          | 0,2             | 100          | +                  |
|                    | 5851     | 1              | 10  | 100          | 0,03            | 15           | н                  |
|                    | ББ-49    | 1              | 10  | 100          | 0,05            | 25           | н                  |
|                    | 062      | 1              | 10  | 100          | 0,2             | 100          | н                  |
|                    | СБ-39    | 0              | 0   | 0            | 0               | 0            | н                  |
|                    | СБ-43    | 1              | 10  | 100          | 0,2             | 100          | н                  |
|                    | ТБ-422   | 2              | 20  | 200          | 0,2             | 100          | н                  |
|                    | ТБ-488   | 1              | 10  | 100          | 0,1             | 50           | н                  |
|                    | ТБ-490   | 1              | 10  | 100          | 0,34            | 170          | н                  |
|                    | ТБ-496   | 2              | 20  | 200          | 0,24            | 120          | н                  |
|                    | ЗБ-79    | 0              | 0   | —            | 0               | —            | н                  |
| Вигна              | контроль | 0              | 0   | —            | 0               | —            | н                  |
|                    | 5851     | 0              | 0   | —            | 0               | —            | н                  |
|                    | ББ-49    | 1              | 10  | —            | 0,07            | —            | н                  |
|                    | 062      | 4              | 40  | —            | 0,35            | —            | н                  |
|                    | СБ-39    | 1              | 10  | —            | 0,17            | —            | н                  |
|                    | СБ-43    | 5              | 50  | —            | 0,4             | —            | н                  |
|                    | ТБ-422   | 1              | 10  | —            | 0,2             | —            | н                  |
|                    | ТБ-488   | 3              | 30  | —            | 0,46            | —            | н                  |
|                    | ТБ-490   | 2              | 20  | —            | 0,2             | —            | н                  |
|                    | ТБ-496   | 6              | 60  | —            | 0,4             | —            | н                  |
|                    | ЗБ-79    | 0              | 0   | —            | 0               | —            | н                  |

Таблица 4.

Показатели всхожести, длины и сырой массы проростков нестерильных семян сельскохозяйственных растений при проращивании по газону чистых культур *Sinorhizobium fredii* на седьмые сутки, 2023 год

| Культура           | Вариант  | Всхожие семена |     |              | Длина проростка |              | Наличие микрофлоры | Сырая масса проростков |              |
|--------------------|----------|----------------|-----|--------------|-----------------|--------------|--------------------|------------------------|--------------|
|                    |          | шт.            | %   | % к контролю | см              | % к контролю |                    | г/10 раст.             | % к контролю |
| Соя, Сентябрьринка | контроль | 10             | 100 | 100          | 2,95            | 100          | +                  | 4,32                   | 100          |
|                    | 5851     | 10             | 100 | 100          | 1,71            | 57           | +                  | 4,52                   | 105          |
|                    | ББ-49    | 10             | 100 | 100          | 3,98            | 135          | н                  | 6,9                    | 160          |
|                    | 062      | 10             | 100 | 100          | 2,76            | 93           | н                  | 5,39                   | 125          |
|                    | СБ-39    | 10             | 100 | 100          | 4,89            | 165          | н                  | 5,85                   | 135          |
|                    | СБ-43    | 10             | 100 | 100          | 4,88            | 165          | н                  | 7,66                   | 177          |
|                    | ТБ-422   | 10             | 100 | 100          | 4,39            | 149          | н                  | 5,35                   | 124          |
|                    | ТБ-488   | 10             | 100 | 100          | 5,55            | 188          | н                  | 7,74                   | 179          |
|                    | ТБ-490   | 10             | 100 | 100          | 3,89            | 132          | н                  | 5,05                   | 117          |
|                    | ТБ-496   | 10             | 100 | 100          | 3,36            | 114          | н                  | 5,98                   | 138          |
| Пшеница, Арюна     | 3Б-79    | 10             | 100 | 100          | 3,83            | 130          | +                  | 4,28                   | 99           |
|                    | контроль | 1              | 10  | 100          | 0,5             | 100          | +                  | 0,62                   | 100          |
|                    | 5851     | 1              | 10  | 100          | 0,5             | 100          | +                  | 0,61                   | 98           |
|                    | ББ-49    | 1              | 10  | 100          | 0,4             | 80           | +                  | 0,57                   | 92           |
|                    | 062      | 3              | 30  | 300          | 2,7             | 540          | н                  | 1,0                    | 161          |
|                    | СБ-39    | 2              | 20  | 200          | 1,0             | 200          | +                  | 0,58                   | 94           |
|                    | СБ-43    | 2              | 20  | 200          | 2,6             | 520          | н                  | 1,07                   | 173          |
|                    | ТБ-422   | 1              | 10  | 100          | 0,2             | 40           | н                  | 0,63                   | 102          |
|                    | ТБ-488   | 2              | 20  | 200          | 3,0             | 600          | н                  | 1,12                   | 181          |
|                    | ТБ-490   | 3              | 30  | 300          | 1,1             | 220          | н                  | 0,72                   | 116          |
| Ячмень, Амур       | ТБ-496   | 1              | 10  | 100          | 3,3             | 660          | +                  | 0,9                    | 145          |
|                    | 3Б-79    | 1              | 10  | 100          | 0,4             | 80           | +                  | 0,54                   | 87           |
|                    | контроль | 8              | 80  | 100          | 1,80            | 100          | +                  | 1,21                   | 100          |
|                    | 5851     | 8              | 80  | 100          | 2,68            | 149          | +                  | 1,23                   | 102          |
|                    | ББ-49    | 8              | 80  | 100          | 3,87            | 215          | н                  | 1,45                   | 120          |
|                    | 062      | 10             | 100 | 125          | 6,41            | 356          | н                  | 2,17                   | 179          |
|                    | СБ-39    | 9              | 90  | 113          | 5,22            | 290          | н                  | 1,70                   | 140          |
|                    | СБ-43    | 10             | 100 | 125          | 7,12            | 396          | н                  | 3,21                   | 265          |
|                    | ТБ-422   | 9              | 90  | 113          | 3,04            | 169          | н                  | 1,38                   | 114          |
|                    | ТБ-488   | 9              | 90  | 113          | 5,81            | 323          | н                  | 2,37                   | 196          |
| Люпин, к408        | ТБ-490   | 8              | 80  | 100          | 3,83            | 213          | +                  | 1,47                   | 121          |
|                    | ТБ-496   | 10             | 100 | 125          | 6,0             | 333          | н                  | 3,08                   | 255          |
|                    | 3Б-79    | 8              | 80  | 100          | 1,67            | 93           | +                  | 1,12                   | 93           |
|                    | контроль | 4              | 40  | 100          | 1,0             | 100          | +                  | 3,53                   | 100          |
|                    | 5851     | 4              | 40  | 100          | 0,7             | 70           | +                  | 3,77                   | 107          |
|                    | ББ-49    | 5              | 50  | 125          | 1,66            | 166          | н                  | 4,09                   | 116          |
|                    | 062      | 8              | 80  | 200          | 2,23            | 223          | н                  | 4,23                   | 120          |
|                    | СБ-39    | 6              | 60  | 150          | 1,61            | 161          | н                  | 4,32                   | 122          |
|                    | СБ-43    | 6              | 60  | 150          | 1,84            | 184          | н                  | 4,54                   | 129          |
|                    | ТБ-422   | 4              | 40  | 100          | 1,31            | 131          | +                  | 3,90                   | 110          |
| Вигна              | ТБ-488   | 6              | 60  | 150          | 1,62            | 162          | н                  | 4,90                   | 139          |
|                    | ТБ-490   | 4              | 40  | 100          | 1,01            | 101          | +                  | 4,10                   | 116          |
|                    | ТБ-496   | 7              | 70  | 175          | 2,38            | 238          | н                  | 5,96                   | 169          |
|                    | 3Б-79    | 2              | 20  | 50           | 0,44            | 44           | н                  | 3,61                   | 102          |
|                    | контроль | 10             | 100 | 100          | 0,8             | 100          | +                  | 2,93                   | 100          |
|                    | 5851     | 9              | 90  | 90           | 1,98            | 248          | н                  | 2,67                   | 91           |
|                    | ББ-49    | 10             | 100 | 100          | 2,34            | 293          | н                  | 3,34                   | 114          |
|                    | 062      | 10             | 100 | 100          | 2,65            | 331          | н                  | 3,60                   | 123          |
|                    | СБ-39    | 10             | 100 | 100          | 2,28            | 285          | н                  | 3,15                   | 108          |
|                    | СБ-43    | 10             | 100 | 100          | 1,89            | 236          | н                  | 4,42                   | 151          |
|                    | ТБ-422   | 10             | 100 | 100          | 1,92            | 240          | н                  | 2,99                   | 102          |
|                    | ТБ-488   | 10             | 100 | 100          | 2,66            | 333          | н                  | 3,57                   | 122          |
|                    | ТБ-490   | 9              | 90  | 90           | 2,50            | 313          | +                  | 3,06                   | 104          |
|                    | ТБ-496   | 10             | 100 | 100          | 2,32            | 290          | н                  | 4,86                   | 166          |
|                    | 3Б-79    | 10             | 100 | 100          | 1,73            | 216          | +                  | 2,66                   | 91           |

ячменя, люпина — 062, СБ-43, ТБ-496; длины проростков сои — СБ-39, СБ-43, ТБ-488, пшеницы, ячменя — 062, СБ-43, ТБ-488, ТБ-496, люпина — 062, СБ-43, ТБ-496, вигны — 062, ТБ-488, ТБ-490, ТБ-496; сырой массы проростков сои (7,74 г/10 раст.), пшеницы (1,12) — ТБ-488, ячменя (3,21) — СБ-43, люпина (5,96), вигны (4,86 г/10 раст.) — ТБ-496. Эти штаммы рекомендовано использовать при производстве биопрепаратов.

**Выводы.** Выявлены штаммы *S. fredii* ББ-49, СБ-39, СБ-43, ТБ-422, ТБ-488, ТБ-490, ТБ-496, 062 максимально стимулирующие процесс прорастания семян сельскохозяйственных культур. В среднем всхожесть бактеризованных штаммами семян возросла на 37%, длина проростков — 224, сырая масса проростков — 23%, по сравнению с контролем.

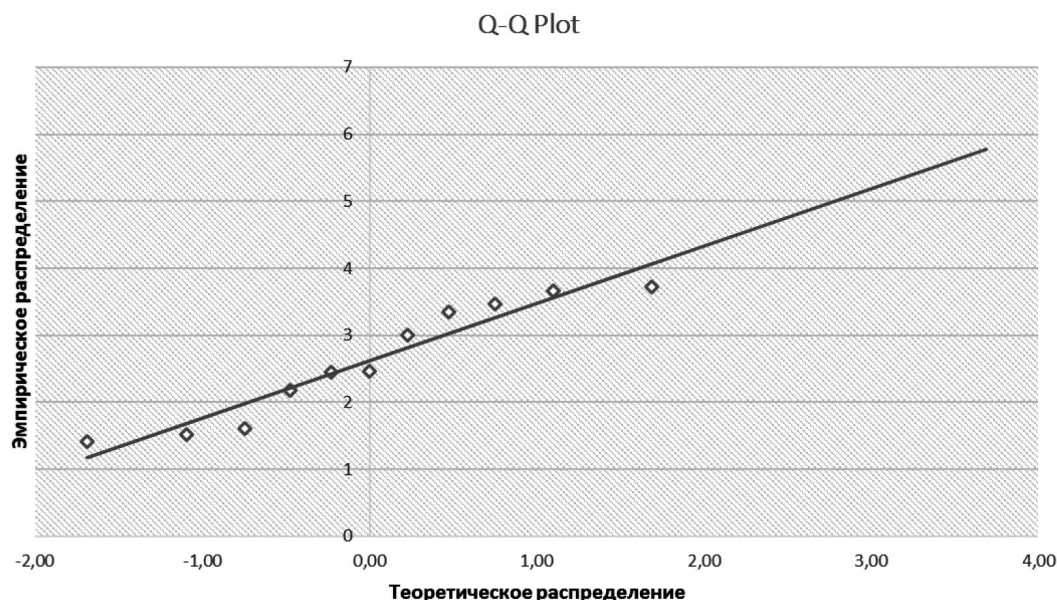


Рис. 2. Q-Q Plot показателей длины проростков нестерильных семян сельскохозяйственных растений при проращивании по газону чистых культур *Sinorhizobium fredii* на седьмые сутки.

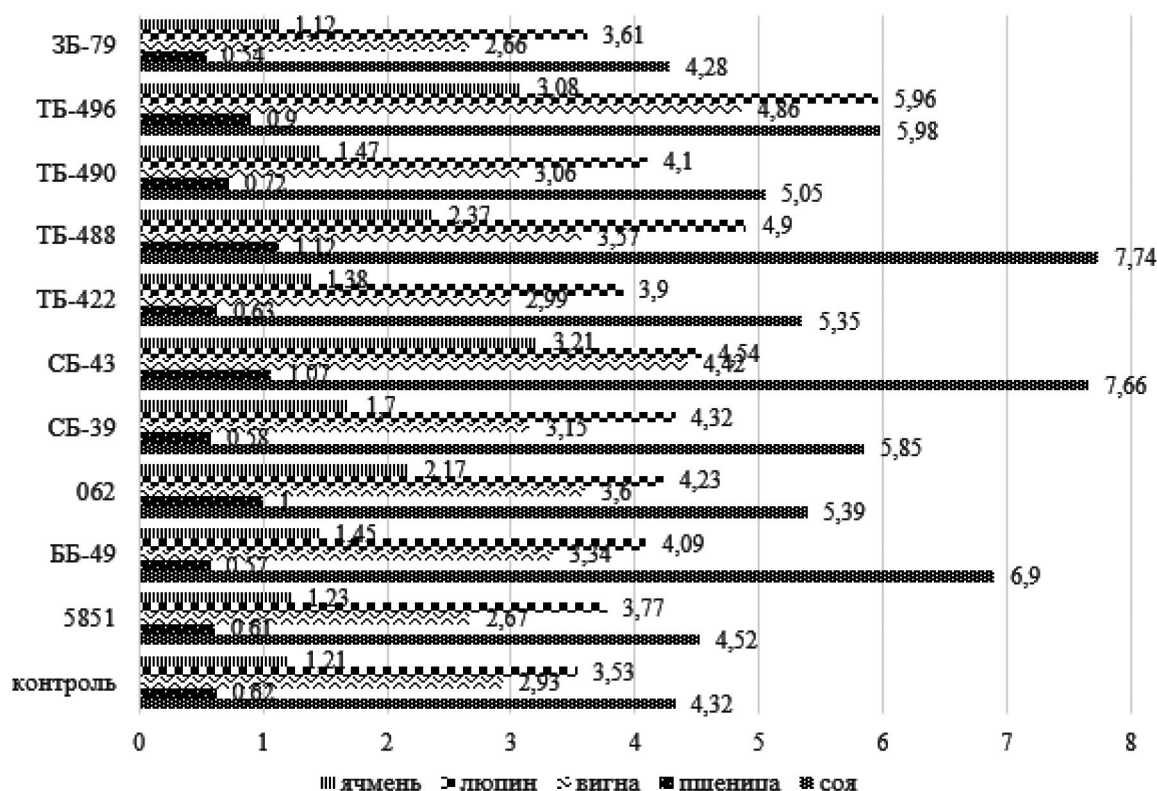


Рис. 3. Сырая масса проростков сельскохозяйственных культур в вариантах со штаммами *Sinorhizobium fredii*, г/10 раст.

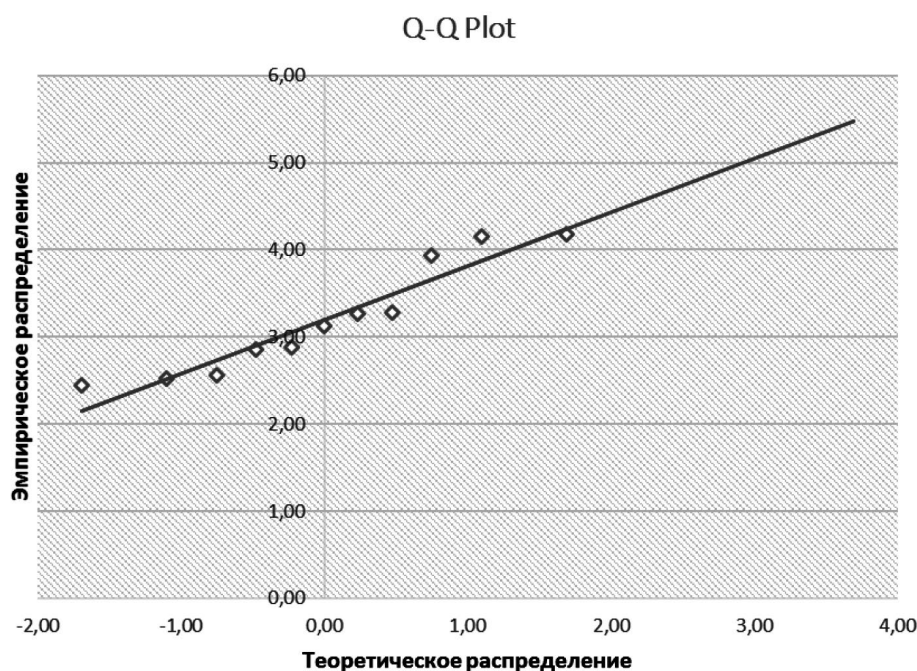


Рис. 4. Q-Q Plot показателей массы проростков нестерильных семян сельскохозяйственных растений при проращивании по газону чистых культур *Sinorhizobium fredii* на седьмые сутки.

# СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Асеева Т.А., Хавинсон В.Х., Миронова Е.С. и др. Влияние коротких пептидов на рост и урожайность сои // Юг России: экология, развитие. 2022. Т. 17. № 2. С. 122–129. <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2022-2-122-129>
2. Асеева Т.А. Оценка агроклиматических ресурсов Среднего Приамурья и их влияние на продуктивность сельскохозяйственных культур // Вестник КрасГАУ. 2008. № 3. С. 109–113.
3. Бегун С.А. Способы, приемы изучения и отбора эффективных штаммов клубеньковых бактерий сои. Методы аналитической селекции: метод. рекомендации. Благовещенск: ПКИ «Зея», 2005. 70 с.
4. ГОСТ 12038-84 Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. Введен 01.01.1986. М.: Стандартинформ, 2011. 32 с.
5. Девликанов М.Р., Корягин Ю.В. Обработка семян яровой пшеницы семнезировавшими биопрепаратами и микроэлементами // Земледелие. 2006. № 1. С. 42.
6. Захарова Н.А., Шарыпова Н.В. Изучение бактерий в школьном курсе биологии. Изд-во Шадринского государственного педагогического института. 2010. С. 22.
7. Стародубцев В.Н., Степанова Л.П., Коренькова Е.А. Экологическая оценка эффективности действия различных форм биологически активных веществ на посевные качества и урожайность яровой пшеницы // Вестник ОрелГАУ. 2011. № 3. С. 47.
8. Deshwal V.K., Dubey R.C., Maheshwari D.K. Isolation of plant growth-promoting strains of Bradyrhizobium (Arachis) sp. with biocontrol potential against Macrophomina phaseolina causing charcoal rot of peanut. Curr. Sci. 2023. No. 84(3). PP. 443–448.
9. Hamid B., Zaman M., Farooq S. et al. Bacterial Plant Biostimulants: A Sustainable Way towards Improving Growth, Productivity, and Health of Crops. Sustainability 2021. No. 13. P. 2856.
10. Jaiswal S.K., Mohammed M., Ibnu F.Y.I., Dakora F.D. Rhizobia as a Source of Plant Growth-Promoting Molecules: Potential Applications and Possible Operational Mechanisms.

Front. Sustain. Food Syst. 2021. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.619676>

11. Jan B., Sajad S., Reshi Z.A., Mohiddin F.A. Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR): Eco-Friendly Approach for Sustainable Agriculture. In Plant-Microbe Dynamics: Recent Advances for Sustainable Agriculture, 1st ed.; Pirzadah T.B., Malik B., Hakeem K.R., Eds.; CRC Press: Boca Raton, FL, USA, 2021. PP. 185–200.
12. Laslo É., Mara G. Is PGPR an Alternative for NPK Fertilizers in Sustainable Agriculture? In Microbial Interventions in Agriculture and Environment; Singh D.P., Gupta V.K., Prabha R., Eds.; Springer: Singapore, 2019. PP. 51–62.
13. Lindström K., Mousavi S.A. Effectiveness of nitrogen fixation in rhizobia. Microb. Biotechnol. 2020. No. 13. PP. 1314–1335.
14. Vessey J.K. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. Plant Soil 2023. PP. 571–586.

# REFERENCES

1. Aseeva T.A., Havinson V.H., Mironova E.S. i dr. Vliyanie korotkih peptidov na rost i urozhajnost' soi // Yug Rossii: ekologiya, razvitie. 2022. T. 17. № 2. С. 122–129. <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2022-2-122-129>
2. Aseeva T.A. Ocenka agroklimaticheskikh resursov Srednego Priamur'ya i ih vliyanie na produktivnost' sel'skhozaystvennykh kul'tur // Vestnik KrasGAU. 2008. № 3. S. 109–113.
3. Begun S.A. Sposoby, priemy izucheniya i otbora effektivnykh shtam-mov kluben'kovykh bakterij soi. Metody analiticheskoy selekcii: metod. rekomendacii. Blagoveshchensk: PKI «Zeya», 2005. 70 s.
4. GOST 12038-84 Semena sel'skhozaystvennykh kul'tur. Metody opredeleniya vskhozhesti. Vveden 01.01. 1986. M.: Standartinform, 2011. 32 c.
5. Devlikanov M.R., Koryagin Yu.V. Obrabotka semyan yarovoj pshenicy semnezirovannymi biopreparatami i mikroelementami // Zemledelie. 2006. № 1. S. 42.
6. Zaharova N.A., Sharypova N.V. Izuchenie bakterij v shkol'nom kurse biologii. Izd-vo Shadrinskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo instituta. 2010. S. 22.



7. Starodubcev V.N., Stepanova L.P., Koren'kova E.A. Ekologicheskaya ocenka effektivnosti dejstviya razlichnyh form biologicheskikh aktivnykh veshchestv na posevnye kachestva i urozhajnost' yarovoj pshenicy // Vestnik OrelGAU. 2011. № 3. S. 47.
8. Deshwal V.K., Dubey R.C., Maheshwari D.K. Isolation of plant growth-promoting strains of Bradyrhizobium (Arachis) sp. with biocontrol potential against Macrophomina phaseolina causing charcoal rot of peanut. Curr. Sci. 2023. No. 84(3). PP. 443–448.
9. Hamid B., Zaman M., Farooq S. et al. Bacterial Plant Bio-stimulants: A Sustainable Way towards Improving Growth, Productivity, and Health of Crops. Sustainability 2021. No. 13. P. 2856.
10. Jaiswal S.K., Mohammed M., Ibny F.Y.I., Dakora F.D. Rhizobia as a Source of Plant Growth-Promoting Molecules: Potential Applications and Possible Operational Mechanisms. Front. Sustain. Food Syst. 2021. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.619676>
11. Jan B., Sajad S., Reshi Z.A., Mohiddin F.A. Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR): Eco-Friendly Approach for Sustainable Agriculture. In Plant-Microbe Dynamics: Recent Advances for Sustainable Agriculture, 1st ed.; Pirzadah T.B., Malik B., Hakeem K.R., Eds.; CRC Press: Boca Raton, FL, USA, 2021. PP. 185–200.
12. Laslo É., Mara G. Is PGPR an Alternative for NPK Fertilizers in Sustainable Agriculture? In Microbial Interventions in Agriculture and Environment; Singh D.P., Gupta V.K., Prabha R., Eds.; Springer: Singapore, 2019. PP. 51–62.
13. Lindström K., Mousavi S.A. Effectiveness of nitrogen fixation in rhizobia. Microb. Biotechnol. 2020. No. 13. PP. 1314–1335.
14. Vessey J.K. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. Plant Soil 2023. PP. 571–586.

*Поступила в редакцию 27.03.2024*

*Принята к публикации 10.04.2024*

## ЗАВИСИМОСТЬ ПРОДУКТИВНОСТИ МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ ОТ ЛАНДШАФТНЫХ И КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ

Дмитрий Анатольевич Иванов, член-корреспондент РАН, профессор  
Никита Александрович Хархардинов, младший научный сотрудник  
Ксения Сергеевна Курпас, младший научный сотрудник  
ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева», г. Москва, Россия  
E-mail: 2016vniimz-noo@list.ru

**Аннотация.** Проведен мониторинг урожайности (1998–2023 годы) клеверотимофеечных травостоев первого года пользования в пределах моренного холма для нахождения закономерностей влияния на нее погодных условий. Травостой эксплуатировались в Тверской области без удобрений в одноукосном режиме на поле, разбитом на 120 делянок. С помощью регрессионного анализа определяли зависимость урожайности сена многолетних трав от временной вариабельности среднемесячных значений среднесуточных температур, их амплитуды, суммы осадков и ГТК. Выявлено, что суммарно эти параметры определяют около 43% вариабельности продуктивности трав, однако колебания амплитуд температур ответственны за 32% временной изменчивости урожая. На урожай трав влияет вариабельность условий произрастания не только во времени, но и в пространстве. Негативное воздействие на урожай перепадов температур воздуха отмечено во всех частях ландшафта, кроме плоской вершины, где продуктивность положительно реагирует на рост ГТК и отрицательно на увеличение температур воздуха предубоносного периода. Негативное действие на выход продукции оказывают: перепады температур поздним летом и ранней осенью, особенно на южных склонах, что может затруднить перезимовку растений; оттепели в марте, провоцирующие возникновение ледяной корки на поверхности почвы, повреждающей узлы кущения растений; жаркие дни в предубоносный период, ускоряющие созревание трав и снижающие интенсивность накопления биомассы. Февральские оттепели, способствуя накоплению влаги в почве, приводят к увеличению урожая трав. Мероприятия, снижающие негативное влияние перепадов температур: осеннее скашивание молодого травостоя, снегозадержание на лугах и дождевание трав в наиболее жаркие дни предубоносного периода.

**Ключевые слова:** травостой, трансекта, статистический анализ, климат, ландшафт

## CORRELATION BETWEEN PERENNIAL GRASS PRODUCTIVITY AND LANDSCAPE AND CLIMATIC CONDITIONS

D.A. Ivanov, *Corresponding Member of the RAS, Professor*  
N.A. Kharhardinov, *Junior Researcher*  
K.S. Kurpas, *Junior Researcher*  
FRC “V.V. Dokuchaev Soil Science Institute”, Moscow, Russia  
E-mail: 2016vniimz-noo@list.ru

**Abstract.** The yield monitoring (1998–2023) of cloverthymothy grass stands of 1 year of use within the moraine hill was carried out in order to find patterns in the influence of weather conditions on it. The grass stands were operated in the conditions of the Tver region without fertilizers in a single-cut mode on a field divided into 120 plots. Using regression analysis, we determined the influence of temporal variability of average monthly values: average daily temperatures, their amplitude, amount of precipitation and hydrothermal coefficient on the hay yield of perennial grasses. It was revealed that in total these parameters determine about 43% of the variability in grass productivity, but fluctuations in temperature amplitudes are responsible for 32% of the temporal variability of the yield. The yield of herbs is affected by the variability of growing conditions not only in time, but also in space. The negative impact on the yield of air temperature changes is observed in all parts of the landscape, except for the flat top, where productivity responds positively to the growth of the hydrothermal coefficient and negatively to the increase in air temperatures in the pre-harvest period. The following have a negative impact on product yield: temperature changes in late summer and early autumn, especially on southern slopes, which can make it difficult for plants to overwinter; thaws in March, causing the formation of an ice crust on the soil surface and damaging the tillering nodes of plants; hot days in the pre-harvest period, accelerating the ripening of grasses and reducing the intensity of biomass accumulation. February thaws, promoting the accumulation of moisture in the soil, lead to an increase in grass yield. Measures that reduce the negative impact of temperature changes on the grass harvest include: autumn mowing of young grass, snow retention in meadows, and sprinkling of grass on the hottest days of the pre-harvest period.

**Keywords:** grass stand, transect, statistical analysis, climate, landscape

При планировании сельскохозяйственного производства опираются, прежде всего, на погодные условия. Изучать феномен воздействия температуры и влажности воздуха на рост и развитие растений нужно для создания работоспособных алгоритмов прогнозирования их урожайности. [1, 17] Учеными агроклиматологии и ландшафтоведения показано влияние природных условий на характер пространственного перераспределения гидротермических ре-

сурсов в процессе образования растительной биомассы. [3, 13] Результаты этого анализа имеют большое значение для разработки стратегий адаптации производства сельскохозяйственных культур к условиям различных регионов.

На современном этапе феномен глобального потепления климата воздействует на динамику урожайности. [9] По данным В.Н. Павловой среднее увеличение биоклиматического потенциала в центральных обла-

стях Европейской части России может составлять от 15 до 20% к середине XXI века. [7] Для Центрального федерального округа в будущем вероятен рост (14...17%) валового сбора зерновых и зернобобовых культур. [11] Выявлено и отрицательное действие изменения параметров погоды на урожайность четырех основных культур в глобальном масштабе. Формируемый на основе потепления, новый природно-ресурсный потенциал света, тепла и влаги приводит к учащению опасных гидрометеорологических явлений (засуха, переувлажнение, градобитие, вымерзание и другое) на территории Центрального Нечерноземья, что нарушает устойчивость сельскохозяйственной отрасли. [2] В Белоруссии, в зависимости от складывающихся гидротермических условий вегетационного периода, уменьшение урожайности трав на эродированных почвах может достигать 30%. [12] Анализ общей урожайности биомассы озимой пшеницы, ярового ячменя и лугов среди различных погодных кластеров в Великобритании показал, что производство трав было более устойчивым к изменению климата. [14]

Полевые исследования влияния погодных условий на урожайность культур позволяют определить многие закономерности процесса формирования растительной биомассы. Так А.В. Клочков с соавторами установил, что наибольшая чувствительность растений к влаге и теплу проявляется на ранних стадиях их развития и при активном росте. [5] В работах сербских ученых показано, что урожайность культур сильно зависела от колебания температур в марте, августе и сентябре. [19] Для условий Кировской области отмечены значительные корреляции между средней урожайностью яровой пшеницы и погодными условиями в июне: обратная с температурой воздуха и прямая с количеством осадков. [6] Влияние температуры на урожайность культур проявляется в сложной системе временных (погодные), пространственных (ландшафтные) и агротехнических (способ выращивания) факторов, которые во многом определяют характер динамических процессов в геокмлексе. [16]

В настоящее время интенсивно изучается влияние погодных условий на продуктивность пастбищ и сенокосов. [4, 10] На юго-западе США за 37 лет исследований было установлено, что общая биомасса многолетних трав уменьшалась по мере увеличения засушливости. [18] Упреждающая корректировка выпаса скота в этом регионе с учетом меняющихся климатических условий могла бы предотвратить деградацию лугопастбищных сообществ в более теплом и сухом климате. [20]

Задача агроэкологических и экологических исследований состоит в том, чтобы предложить оптимизированные решения, которые считаются прибыльными, адаптивными и развиваются вместе с технологическими и социальными инновациями. [15] Наиболее удобный и информативный инструмент исследования влияния климата на сельскохозяйственные растения — многолетний мониторинг показателей их жизнедеятельности в агроэкологических стационарах (полигоны), в пределах которых представлены основные ландшафтные позиции региона.

Цель работы — на основе результатов многолетнего мониторинга выявить особенности влияния погодных условий на урожайность клеверотимофеечных травостоев в различных частях агроландшафта.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили на агроэкологическом полигоне ВНИИМЗ — филиал ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева», заложенном в 1996 году, который расположен в 4-х км к востоку от г. Тверь. Он занимает площадь 50 га в пределах моренного холма с относительной высотой 15 м, четко выраженной плоской вершиной, северным пологим склоном (2...3°), южным (3...5°) и межхолмными депрессиями (северная и южная).

Почвообразующие породы на территории полигона — двучленные отложения, состоящие из двух слоев: верхний (сложен относительно легкими породами) и подстилающий (моренным завалуненным суглинком). В южной части полигона мощность песчано-супесчаного наноса местами превышает 1,5 м (мощный двучлен). На вершине и северном склоне холма верхние горизонты почв сложены супесью и легким суглинком (среднемошной и маломощный двучлены), в межхолмной депрессии на севере полигона морена местами выходит на поверхность. Почвы на мощных двучленах, как правило, характеризуются пахотными горизонтами более легкого гранулометрического состава, чем в местах с близким залеганием морены. Почвенный покров полигона — вариация-мозаика дерново-подзолистых глееватых и глеевых почв. Полигон осушен гончарным дренажем со средним междренним расстоянием — 30 м.

Ландшафтное картирование показало наличие в пределах полигона местоположений с различным геохимическим статусом: 1. элювиально-аккумулятивный (Э-А) геокмлекс плоской вершины холма, где господствует вертикальное промывание почвенной толщи, выносящее элементы питания растений в грунтовые воды, и локально, в микрозападинах, проявляется аккумуляция влаги и других веществ; 2. элювиально-транзитные (Э-Т) микроландшафты верхних частей склонов, в которых, наряду с вертикальной миграцией веществ, поверхностный и внутрипочвенный ток влаги вниз по склону; 3. транзитные (Т) микрокомлексы центральных частей склонов с преобладанием латерального тока влаги и элементов питания растений; 4. транзитно-аккумулятивные (Т-А) геосистемы нижних частей склонов и межхолмных депрессий, в пределах которых отмечается как латеральный ток влаги, так и аккумуляция некоторых веществ.

Для достижения поставленной цели осуществляли мониторинг урожайности сена клеверотимофеечной травосмеси первого года пользования с 1998 по 2023 год на агроэкологической трансекте (физико-географический профиль) — производственном массиве, состоящем из десяти продольных полей, пересекающих все микроландшафтные позиции холма. Поля, где проводили наблюдения, располагались вдоль трансекты и имели ширину 7,2, длину 1300 м. Травы высевали под покров овса и выращивали без внесения удобрений, кроме подкормки покровной культуры в фазе кущения аммиачной селитрой в дозе 1 ц/га ( $N_{30}$  кг/га). Травостои эксплуатировали в одноукосном режиме. Каждое поле разбито на 120 одинаковых равноудаленных делянок, площадью 20 м<sup>2</sup>, в которых определяли урожайность сена в четырехкратной повторности.

С помощью регрессионного анализа установили влияние временной вариабельности среднемесяч-

ных значений (среднесуточные температуры, их амплитуда, сумма осадков и ГТК) на урожайность сена многолетних трав. Климатические данные взяты из архивов метеостанции Тверь. Статистический анализ осуществлен на основе пакета Statgraphics+. Степень влияния климата на урожайность вычисляли методом Н.А. Плохинского делением частной факториальной суммы квадратов на общую.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Классический регрессионный анализ предполагает наличие ортогональной матрицы — банка данных, в нем количество предикторов (независимые факторы) не должно превышать число наблюдений минус одно наблюдение. Исходя из этого правила, максимальное количество независимых факторов, которое в нашем случае можно включить в уравнение регрессии, равно 25. Для сравнительной оценки степени воздействия всех изучаемых нами факторов на урожайность сена мы были вынуждены усреднить их значения по кварталам, что позволило создать ортогональные матрицы с числом предикторов равным 16 для каждого геокомплекса с отдельным типом геохимической обстановки — агро-микрорландшафта (АМЛ). Усредненные по всему агроландшафту конечно-моренного холма показатели степени влияния климатических факторов на урожайность сена многолетних трав: амплитуда температур — 32,8%, ГТК — 4,9, средняя температура — 4,1, осадки — 1,1%.

Исследуемые факторы суммарно определяют около 43% временной вариальности урожайности сена в агроландшафте. Отмечена максимальная зависимость урожая трав от характера изменчивости внутри-месячных амплитуд температуры воздуха. Заметное влияние на него оказывают также колебание температуры воздуха и ГТК. Неусредненные данные приведены на рисунке 1.

Характер коэффициентов уравнения регрессии, рассчитанного для всего агроландшафта конечно-моренной гряды, показывает, что урожайность трав возрастает при увеличении амплитуд температур в январе—марте и средней температуры воздуха в октябре—декабре года посева. Относительно теплые поздние осенние и раннезимние месяцы позволяют травостой лучше подготовиться к перезимовке, а оттепели

в середине зимы и начале весны пополняют запасы почвенной влаги, все это приводит к росту урожайности трав. Значительные перепады температуры весной и ранним летом снижают урожай сена, по-видимому, из-за ускорения цветения трав и формирования генеративных органов в ущерб вегетативным.

В межхолмной депрессии, расположенной на юге полигона (Т-Аю), где господствуют песчаные почвы, наблюдаются закономерности, описанные выше, однако они выражены гораздо ярче вследствие более однородных условий природной среды. В центральной части южного склона холма (Тю) с песчаными почвами различной степени смывости, негативное влияние на урожай трав оказывает повышение температуры летом и ранней осенью, а также предукосного периода. Верхняя часть южного склона (Э-Тю), где латеральные процессы выражены слабо, характеризуется прямо пропорциональной зависимостью урожая от количества осадков при посеве трав и температур января — марта. Обратно пропорциональная зависимость урожая отмечается с амплитудой температур при укосе и ГТК при посеве. На плоской вершине (Э-А) урожай сена увеличивается с возрастанием ГТК в апреле — июне года укоса и уменьшается в случае жарких летних месяцев в год посева. На северном склоне негативно действует на урожай трав увеличение амплитуды температур воздуха, причем в его верхней части (Э-Тс) важны условия конца осени и начала зимы, а в центре (Тс) — предукосного периода.

В межхолмной депрессии на севере полигона (Т-Ас), в которой преобладают относительно тяжелые почвы, положительно влияют на урожай сена увеличение средних температур осени и начала зимы, а также их амплитуды с октября по март. Однако значительный разброс температур в предукосные месяцы вредит травостой.

Так как характер изменчивости амплитуды температур определяет наибольшую долю в вариальности урожая трав, мы изучили это по месяцам.

На рисунке 2 (2-я стр. обл.) более подробно (по месяцам) показана динамика коэффициентов регрессии уравнений, описывающих влияние значений внутри-месячных разбросов температур на урожайность трав. Максимально отрицательно воздействуют на урожай трав высокие амплитуды температур воздуха в августе и сентябре, так как происходит выход травостоя из-под



Рис. 1. Влияние климатических условий на продуктивность трав в различных частях агроландшафта.

покровной культуры и его интенсивный рост в наиболее теплые дни, что негативно сказывается на перезимовке трав, сильнее это проявляется на южном склоне холма.

Положительное влияние на урожай трав оказывают февральские оттепели, которые приводят к накоплению влаги в пахотных горизонтах, что способствует интенсификации вегетации трав весной. Южный склон характеризуется наибольшей выраженностью этого процесса. Оттепели в марте–апреле негативно действуют на травостой, так как провоцируют образование ледяных корок на поверхности почвы, которые повреждают узлы кушения. Сильнее всего страдают от них травы на вершине холма и в верхней части его северного склона.

В жаркие дни мая – июня травы быстрее созревают, их генеративные органы развиваются за счет вегетативных частей, что снижает урожайность сена. Это чаще встречается в центре южного склона.

**Выводы.** В условиях конечно-моренного ландшафта, расположенного в центральной части Нечерноземья, достоверное влияние на урожай клеверотимофеечного травостоя первого года пользования оказывают колебания средней температуры воздуха, изменчивость ее внутримесячных амплитуд, вариативность суммы осадков и значений гидротермического коэффициента. Суммарно эти параметры определяют около 43% вариативности продуктивности трав, однако колебания амплитуд температур ответственны за 32% временной изменчивости урожая.

На урожай трав действует вариативность условий произрастания не только во времени, но и в пространстве. Негативное влияние на урожай значительных перепадов температур воздуха в течение месяца отмечается во всех агромикрорландшафтах, кроме плоской вершины, где он положительно реагирует на рост ГТК и отрицательно на увеличение температур воздуха предукосного периода.

Наибольшее отрицательное действие на выход продукции (сено) оказывают перепады температур поздним летом и ранней осенью (особенно на южных склонах), из-за которых может происходить интенсивный и неоднородный рост растений и их затрудненная перезимовка. Также негативно влияют на травостой оттепели в марте, провоцирующие возникновение ледяной корки на поверхности почвы, повреждающей узлы кушения растений и жаркие дни в предукосный период, ускоряющие созревание трав и снижающие интенсивность накопления биомассы. Февральские оттепели, способствуя накоплению влаги в почве, приводят к увеличению урожая трав.

Предлагаем некоторые технологические приемы, подавляющие отрицательное действие перепадов температур на урожай трав – осеннее скашивание молодого травостоя, снегозадержание на лугах, дождевание трав в наиболее жаркие дни предукосного периода для снижения температуры травяного покрова.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Баденко В.Л., Гарманов В.В., Иванов Д.А. и др. Перспективы использования динамических моделей агроэко-систем в задачах средние и долгосрочного планирования сельскохозяйственного производства и землеустройства // Доклады РАСХН. 2015. № 1–2. С. 72–76.
- Белолобцев А.И., Куприянов А.Н., Кузнецов И.А. и др. Средостабилизирующая роль многолетних трав в условиях современных вызовов экологического и климатического характера // АгроЭкоИнфо. 2023. № 1 (55). <https://doi.org/10.51419/202131127>
- Берущашвили Н.Л. Геофизика ландшафта. М.: Высшая школа, 1990. 287 с.
- Иванов Д.А., Карасева О.В., Рублюк М.В. Изучение динамики продуктивности трав на основе данных многолетнего мониторинга // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2021. № 22(1). С. 76–84. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.1.76-84>
- Клочков А.В., Соломко О.Б., Клочкова О.С. Влияние погодных условий на урожайность сельскохозяйственных культур // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 2 С. 101–105.
- Лыскова И.В., Суховеева О.Э., Лыскова Т.В. Влияние локального изменения климата на продуктивность яровых зерновых культур в условиях Кировской области // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2021. № 22(2). С. 244–253. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.2.244-253>
- Павлова В.Н., Каланка П., Караченкова А.А. Продуктивность зерновых культур на территории европейской России при изменении климата за последние десятилетия // Метеорология и гидрология. 2020. № 1. С. 78–94.
- Плохинский Н.А. Биометрия. М.: МГУ, 1970. 367 с.
- Порфирьев Б.Н. Устойчивое развитие, климат и экономический рост: стратегические вызовы и решения для России. С.-Пб: СПбгуп, 2020. 40 с.
- Привалова К.Н., Каримов Р.Р. Продуктивность долголетних пастбищных травостоев в зависимости от погодных условий // Орошаемое земледелие. 2020. № 2. С. 38–41. <https://doi.org/10.35809/2618-8279-2020-2-8>
- Сиптиц С.О., Романенко И.А., Евдокимова Н.Е. Модельные оценки влияния климата на урожайность зерновых и зернобобовых культур в регионах России // Проблемы прогнозирования. 2021. № 2. С. 75–86.
- Цыбулько Н.Н., Устинова А.М., Юхновец А.В. и др. Продуктивность однолетних и многолетних трав на дерново-подзолистых почвах разной степени эродированности (результаты длительных полевых опытов) // Почвоведение и агрохимия. 2022. № 1(68). С. 31–39. [https://doi.org/10.47612/0130-8475-2022-1\(68\)-31-39](https://doi.org/10.47612/0130-8475-2022-1(68)-31-39)
- Шашко Д.И., Розов Н.Н. Внутриобластное природно-сельскохозяйственное районирования как форма учета биоклиматического потенциала // Земледелие. 1989. № 3. С. 18–22.
- Addy J.W.G., Ellis R.H., Macdonald A.J. et al. Changes in agricultural climate in South-Eastern England from 1892 to 2016 and differences in cereal and permanent grassland yield // Agricultural and Forest Meteorology. 2021. Vol. 308–309. P. 108560. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2021.108560>
- Bellocchi G., Picon-Cochard C. Effects of Climate Change on Grassland Biodiversity and Productivity // Agronomy. 2021. Vol. 11(6). P. 1047. <https://doi.org/10.3390/agronomy11061047>
- Bulgakov D.S., Rukhovich D.I., Shishkonakova E.A. et al. The application of the soil-agroclimatic index for assessing the agronomic potential of arable lands in the forest-steppe zone of Russia // Eurasian Soil Science. 2018. № 51(4). P. 448–459. <https://doi.org/10.1134/S1064229318040038>
- Ksenofontov M.Y., Polzikov D.A. On the issue of the impact of climate change on the development of russian agriculture in the long term. Studies on Russian Economic Development. 2020. Vol. 31. № 3. P. 304–311. <https://doi.org/10.1134/S1075700720030089>

18. Lasche S.N., Schroeder R.W., McIntosh M.M. et al. Long-term growing season aridity and grazing seasonality effects on perennial grass biomass in a Chihuahuan Desert rangeland // *Journal of Arid Environments*. 2023. Vol. 209. P. 104902. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2022.104902>
  19. Milosevic D., M. Savic S., Stojanovic V. et al. Effects of precipitation and temperatures on crop yield variability in Vojvodina (Serbia) // *Italian Journal of Agrometeorology*. 2015. № 3. P. 35–46.
  20. Souther S., Loeser M., Crews T.E., Sisk T. Complex response of vegetation to grazing suggests need for coordinated, landscape-level approaches to grazing management // *Global Ecology and Conservation*. 2019. Vol. 20(12). P 00770. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2019.e00770>
- REFERENCES**
1. Badenko V.L., Garmanov V.V., Ivanov D.A. i dr. Perspektivy ispol'zovaniya dinamicheskikh modeley agroekosistem v zadachakh sredne i dolgosrochnogo planirovaniya sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva i zemleustroystva // *Doklady RASKHN*. 2015. № 1–2. S. 72–76.
  2. Belolyubtsev A.I., Kupriyanov A.N., Kuznetsov I.A. i dr. Sredostabiliziruyushchaya rol' mnogoletnikh trav v usloviyakh sovremennykh vyzovov ekologicheskogo i klimaticheskogo kharaktera // *AgroEkoInfo*. 2023. № 1(55). <https://doi.org/10.51419/202131127>
  3. Beruchashvili N.L. Geofizika landshafta. M.: Vysshaya shkola, 1990. 287 s.
  4. Ivanov D.A., Karaseva O.V., Rublyuk M.V. Izucheniye dinamiki produktivnosti trav na osnove dannykh mnogoletnego monitoringa // *Agrarnaya nauka Yevro-Severo-Vostoka*. 2021. № 22(1). S. 76–84. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.1.76-84>
  5. Klochkov A.V., Solomko O.B., Klochkova O.S. Vliyaniye pogodnykh usloviy na urozhaynost' sel'skokhozyaystvennykh kul'tur // *Vestnik Belorusskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii*. 2019. № 2 S. 101–105.
  6. Lyskova I.V., Sukhoveyeva O.E., Lyskova T.V. Vliyaniye lokal'nogo izmeneniya klimata na produktivnost' yarovykh zernovykh kul'tur v usloviyakh Kirovskoy oblasti // *Agrarnaya nauka Yevro-Severo-Vostoka*. 2021. № 22(2). S. 244–253. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.2.244-253>
  7. Pavlova V.N., Kalanka P., Karachenkova A.A. Produktivnost' zernovykh kul'tur na territorii yevropeyskoy Rossii pri izmenenii klimata za posledniye desyatiletia // *Meteorologiya i gidrologiya*. 2020. № 1. S. 78–94.
  8. Plokhinskiy N.A. Biometriya. M.: MGU, 1970. 367 s.
  9. Porfir'yev B.N. Ustoychivoye razvitiye, klimat i ekonomicheskoy rost: strategicheskiye vyzovy i resheniya dlya Rossii. S.-Pb: SPBgup, 2020. 40 s.
  10. Privalova K.N., Karimov R.R. Produktivnost' dolgoletnikh pastbishchnykh travostoyev v zavisimosti ot pogodnykh usloviy // *Oroshayemoye zemledeliye*. 2020. № 2. S. 38–41. <https://doi.org/10.35809/2618-8279-2020-2-8>
  11. Siptits S.O., Romanenko I.A., Yevdokimova N.Ye. Model'nyye otsenki vliyaniya klimata na urozhaynost' zernovykh i zernobobovykh kul'tur v regionakh Rossii // *Problemy prognozirovaniya*. 2021. № 2. S. 75–86.
  12. Tsybul'ko N.N., Ustinova A.M., Yukhnovets A.V. i dr. Produktivnost' odnoletnikh i mnogoletnikh trav na dernovo-podzolistykh pochvakh raznoy stepeni erodirovannosti (rezul'taty dlitel'nykh polevykh opytov) // *Pochvovedeniye i agrokimiya*. 2022. № 1(68). S. 31–39. [https://doi.org/10.47612/0130-8475-2022-1\(68\)-31-39](https://doi.org/10.47612/0130-8475-2022-1(68)-31-39)
  13. Shashko D.I., Rozov N.N. Vnutrioblastnoye prirodno-sel'skokhozyaystvennoye rayonirovaniya kak forma ucheta bioklimaticheskogo potentsiala // *Zemledeliye*. 1989. № 3. S. 18–22.
  14. Addy J.W.G., Ellis R.H., Macdonald A.J. et al. Changes in agricultural climate in South-Eastern England from 1892 to 2016 and differences in cereal and permanent grassland yield // *Agricultural and Forest Meteorology*. 2021. Vol. 308–309. P. 108560. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2021.108560>
  15. Bellocchi G., Picon-Cochard C. Effects of Climate Change on Grassland Biodiversity and Productivity // *Agronomy*. 2021. Vol.11(6). P. 1047. <https://doi.org/10.3390/agronomy11061047>
  16. Bulgakov D.S., Rukhovich D.I., Shishkonakova E.A. et al. The application of the soil-agroclimatic index for assessing the agronomic potential of arable lands in the forest-steppe zone of Russia // *Eurasian Soil Science*. 2018. № 51(4). P. 448–459. DOI: 10.1134/S1064229318040038
  17. Ksenofontov M.Y., Polzikov D.A. On the issue of the impact of climate change on the development of russian agriculture in the long term. *Studies on Russian Economic Development*. 2020. Vol. 31. № 3. P. 304–311. <https://doi.org/10.1134/S1075700720030089>
  18. Lasche S.N., Schroeder R.W., McIntosh M.M. et al. Long-term growing season aridity and grazing seasonality effects on perennial grass biomass in a Chihuahuan Desert rangeland // *Journal of Arid Environments*. 2023. Vol. 209. P. 104902. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2022.104902>
  19. Milosevic D., M. Savic S., Stojanovic V. et al. Effects of precipitation and temperatures on crop yield variability in Vojvodina (Serbia) // *Italian Journal of Agrometeorology*. 2015. № 3. P. 35–46.
  20. Souther S., Loeser M., Crews T.E., Sisk T. Complex response of vegetation to grazing suggests need for coordinated, landscape-level approaches to grazing management // *Global Ecology and Conservation*. 2019. Vol. 20(12). P. e00770. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2019.e00770>

Поступила в редакцию 22.03.2024  
Принята к публикации 05.04.2024

К III Международной научно-практической конференции «Рядом с Н.И. Вавиловым — научные школы России по обеспечению продовольственной и экологической безопасности страны» (17–20 июня 2024 г.)

УДК 633.863.2:631.5:632.51:632.95

DOI: 10.31857/S2500208224040064, EDN: xltfpi

## ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ САФЛОРА КРАСИЛЬНОГО В РОССИИ, КАЗАХСТАНЕ И ТАДЖИКИСТАНЕ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ\*

Сулухан Кудайбердиевна Темирбекова<sup>1</sup>, доктор биологических наук, профессор

Иван Михайлович Куликов<sup>2</sup>, академик РАН

Юлия Владимировна Афанасьева<sup>2</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук

Ольга Олеговна Белошапкина<sup>3</sup>, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Нина Анатольевна Боме<sup>4</sup>, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Оксана Борисовна Поливанова<sup>3</sup>, кандидат биологических наук

Константин Павлович Королев<sup>4</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук

Мухтар Жолдыбаевич Аширбеков<sup>5</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук

Мастибек Самадович Норов<sup>6</sup>, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

<sup>1</sup>Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии, Московская обл., Россия

<sup>2</sup>Федеральный научный центр садоводства и питомниководства, г. Москва, Россия

<sup>3</sup>Российский государственный аграрный университет — Московская сельскохозяйственная академия имени К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия

<sup>4</sup>Тюменский государственный университет, г. Тюмень, Россия

<sup>5</sup>НАО «Северо-Казахстанский университет имени Манаша Козыбаева», г. Петропавловск, Республика Казахстан

<sup>6</sup>Таджикский сельскохозяйственный университет имени Ш. Шотемур, г. Душанбе, Таджикистан

E-mail: sul20@yandex.ru

**Аннотация.** Сафлор масличный — культура, произрастающая в странах с засушливым климатом (Египет, Индия). Глобальное потепление в мире требует альтернативного подхода к известным масличным культурам (подсолнечник, рапс). Цель работы — изучить биологические особенности, продуктивность, накопление масличности, проявление основного заболевания в засушливых условиях России, Южного Казахстана и Таджикистана сафлора масличного и создать сорт, обладающий адаптивным потенциалом для конкретного региона. По результатам исследований созданы и рекомендованы для устойчивого земледелия новые сорта сафлора масличного Краса Ступинская (Россия), Акмай, Нурлан, Ииркас, Молдир-2008 (Казахстан), Шифо (Таджикистан). По накоплению масла и жирнокислотному составу в семенах сорт Краса Ступинская находится на уровне южных сортов из Казахстана и Таджикистана. В условиях потепления климата вышеназванные сорта обеспечат продовольственную безопасность в своих странах из-за стабильной урожайности, достаточного накопления масличности в семенах и устойчивости к болезням.

**Ключевые слова:** сафлор масличный, засушливые условия, контрастные экологические регионы, глобальное потепление климата, сорт, продовольственная безопасность

## ECOLOGICAL STUDY OF FALSE SAFFRON IN RUSSIA, KAZAKHSTAN AND TAJIKISTAN TO ENSURE FOOD SECURITY

S.K. Temirbekova<sup>1</sup>, Grand PhD in Biological Sciences, Professor

I.M. Kulikov<sup>2</sup>, Academician of the RAS

Yu.V. Afanasyeva<sup>2</sup>, PhD in Agricultural Sciences

O.O. Beloshapkina<sup>3</sup>, Grand PhD in Agricultural Sciences, Professor

N.A. Bome<sup>4</sup>, Grand PhD in Agricultural Sciences, Professor

O.B. Polivanova<sup>3</sup>, PhD in Biological Sciences

K.P. Korolev<sup>4</sup>, PhD in Agricultural Sciences

M.Zh. Ashirbekov<sup>5</sup>, PhD in Agricultural Sciences

M.S. Norov<sup>6</sup>, Grand PhD in Agricultural Sciences, Professor

\* Исследование выполнено в рамках государственного задания ФГБНУ Всероссийского научно-исследовательского института фитопатологии (тема № 0598-2019-0005, официальный регистрационный номер ЕГИСУ НИОКР—AAAA-A19-1191212901090) и государственного задания ФГБНУ ФНЦ Садоводства «Сохранить, пополнить и изучить генетические коллекции сельскохозяйственных растений и создать репозитории плодовых и ягодных культур, заложенные свободными от вредоносных вирусов растениями» (№ темы 0432-2021-0003). Работа выполнена при поддержке проекта Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № FEWZ-2021-0007 «Адаптивная способность сельскохозяйственных растений в экстремальных условиях Северного Зуралья» / The study was carried out within the framework of the state task of the Federal State Budgetary Institution of the All-Russian Scientific Research Institute of Phytopathology (topic No. 0598-2019-0005, official registration number of the USISU R&D—AAAAA-A19-1191212901090) and the state task of the Federal State Budgetary Institution of the Federal Research Center of Horticulture «To preserve, replenish and study genetic collections of agricultural plants and create repositories of fruit and berry crops laid down by plants free from harmful viruses» (topic no. 0432-2021-0003). The work was supported by the project of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation No. FEWZ-2021-0007 «Adaptive capacity of agricultural plants in extreme conditions of the Northern Urals».

<sup>1</sup>All-Russian Research Institute of Phytopathology, Moscow region, Russia<sup>2</sup>Federal Scientific Selection and Technology Center for Horticulture and Nursery, Moscow, Russia<sup>3</sup>Russian State Agrarian University-Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia<sup>4</sup>Tyumen State University, Tyumen, Russia<sup>5</sup>NAO "North Kazakhstan University named after Manash Kozybayev", Petropavlovsk, Republic of Kazakhstan<sup>6</sup>Tajik Agricultural University named after Sh. Shotemur, Dushanbe, Tajikistan

E-mail: sul20@yandex.ru

**Abstract.** Safflower oilseed is a crop native to Egypt and India with arid climates. Global warming in the world requires an alternative approach to well-known oilseeds (sunflower, rapeseed). Many years of research have been carried out to study the culture of safflower oilseed in contrasting natural conditions Russia, Southern Kazakhstan, and Tajikistan. The goal was to study the biological characteristics, productivity, accumulation of oil content, and the manifestation of the main disease in arid conditions and to create a variety with adaptive potential for a specific region. Based on the research results, new varieties of safflower oilseed *Krasa Stupinskaya* (Russia), *Akmai*, *Nurlan*, *Iirkas*, and *Moldir-2008* (Kazakhstan), *Shifo* (Tajikistan) were created and recommended for sustainable farming in the above regions. In terms of the accumulation of oil and fatty acid composition in the seeds, the *Krasa Stupinskaya* variety from the Central region of the Russian Federation is at the level of southern varieties from Kazakhstan and Tajikistan. In a warming climate, the above varieties will ensure food security in their countries due to stable yields, sufficient accumulation of oil content in seeds and disease resistance.

**Keywords:** Safflower oilseed, drought conditions, contrasting ecological regions, global climate warming, variety, food security

Проблема засухи остро стоит на обширных территориях Российской Федерации, Казахстана и Таджикистана. По прогнозам ученых-климатологов [3], в последующие десятилетия возрастет вероятность ее возникновения. Н.И. Вавилов [4] пришел к выводу, что важнейшие задачи селекции — создание жаро- и засухоустойчивых культур, а также адаптивных сортов для различных эколого-географических зон страны на основе широкого использования Мировой коллекции сельскохозяйственных растений Всесоюзного института растениеводства.

Необходимость проведения такой работы связана с особенностями сельскохозяйственных условий регионов, характеризующихся широким распространением и частой повторяемостью засухи. [4]

Ученые изучают и внедряют в производство культуры, ранее неизвестные сельскохозяйственной науке и практике. [5, 19] В последние годы импорт пищевого растительного масла в страну составил 35...38%. Расширение площадей под основной масличной культурой (подсолнечник) невозможно из-за опасных карантинных объектов. [23] Требуется нетрадиционные культуры, способные адекватно реагировать на изменение погодных условий. Наиболее перспективная масличная культура — сафлор. Его выращивают в остро засушливых регионах Российской Федерации. [12, 13, 23] Продвижение сафлора в северные регионы России представляет научный и практический интерес. [1] Продуктивность и накопление масла в семенах растений в Центральном регионе мало исследованы. [18]

Цель работы — изучить сафлор масличный в условиях засухи и повышенной влажности, создать сорт, обладающий адаптивным потенциалом для развития устойчивого земледелия в различных регионах Российской Федерации, Казахстана и Таджикистана.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Многолетние исследования с 2005 года по настоящее время проводили в Московской, Саратовской, Ростовской областях и Северном Зауралье (Россия), а также в Таджикистане и Казахстане. Объект изучения: сорт *Краса Ступинская* (Россия, 2005) и образец из Гербария *Махалла 260* (ВИР); собственные сорта — *Акмай*, *Нурлан*, *Ииркас* и *Молдир-2008* (Казахстан), кол-

лекционные — *Милютинский 114*, *ВИР-489*, *Местная 498*, *ВИР 454*, *ВИР 483*, *Шифо*, *Местная 492*, *Местная 260*, *ВИР 376*, *Местная 505*, *ВИР 487* (Таджикистан).

Фенологические наблюдения и биометрические оценки согласовывались с Методикой государственного испытания сельскохозяйственных культур. [4] Повторность пробных делянок трехкратная, учетная площадь — 10 м<sup>2</sup>. Масличность семян устанавливали по ГОСТ 10857 «Семена масличные» [6], содержание масла и жирнокислотный состав масла — ГОСТ 30623-98 «Масла растительные и маргарины. Метод обнаружения фальсификации». [7]

Биологическую устойчивость рассчитывали как отношение количества растений, сохранившихся к уборке, количеству высеянных семян. [8] Содержание хлорофилла в клетках листьев определяли с помощью оптического счетчика SPAD 502 (Minolta Camera Co, Ltd, Токио, Япония). На основании данных прибора, полученных измерением спектрального поглощения в двух диапазонах спектра, соответствующих поглощению хлорофилла, находится числовое значение SPAD, которое пропорционально содержанию хлорофилла в листьях. Измерение SPAD основано на оптической плотности, рассчитанной по поглощению листа на длине волны 650 нм (максимальное поглощение хлорофиллов а и b) и оптической плотности при 940 нм с учетом толщины листа. Прибор позволяет быстро оценивать общее содержание хлорофилла в листьях без изъятия растений из фитоценоза. [24]

После уборки устанавливали морфометрические параметры растений и элементы структуры урожая. Биохимический анализ семян выполнен в Аналитическом центре по определению качества почвы и растениеводческой продукции ТОО «НПЦ ЗХ имени А.И. Бараева» (Казахстан).

Статистический анализ экспериментальных данных выполнен с использованием Microsoft Excel и STATISTICA 6.0 («StatSoft», Inc., США). Рассчитаны средние значения (Хср.), ошибки средних (Sx), достоверности различий между средними значениями t-критерием Стьюдента. [9]

Провели фитосанитарную экспертизу семян и фрагментов растений через месяц после уборки урожая в условиях влажной камеры и микробиологическим методом на агаризованной питательной среде



(картофельно-глюкозный агар КГА) с последующим микроскопированием полученных структур. Семена дробили, исследовали на внешнюю и внутреннюю инфекцию. Дополнительно анализировали листья, стебли и соцветия, внешне пораженные участки тканей которые после поверхностной дезинфекции разрезали на отрезки 0,5...1,0 см и закладывали во влажную камеру (чашки Петри с влажной фильтровальной бумагой). Наблюдала за ростом мицелия через 72 ч. Учеты проводили визуально по наличию симптомов поражения, характерным особенностям образовавшихся колоний и анатомо-морфологическим структурам выявленных микроорганизмов. Распространенность поражений по отдельным органам проводили, исходя из процента больных органов от их общего числа, а интенсивность — по проценту охваченной некрозами площади органов. Частоту встречаемости видов грибов или бактерий вычисляли по формуле:  $A = B/C \times 100\%$ , где  $B$  — число изолятов (колоний) гриба одного вида,  $C$  — общее число изолятов (колоний).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

### 1. Изучение сафлора красильного в Московской, Саратовской, Ростовской областях

Приводим метеорологические погодные условия 2010 (чрезвычайно засушливый за 50 лет исследованный) и 2013 (чрезмерно влажный) годов.

В 2010 году условия вегетации были неудовлетворительными. Средняя температура вегетационного сезона была на 6,5°C (22,9°C) выше, чем средняя многолетняя 16,4°C. В мае погодные условия благоприятствовали росту и развитию растений — температура воздуха соответствовала среднегодовому значению (14,2...14,5 °C). Последние осадки выпали 18 июня, их не было до 3 сентября. Температура воздуха в Московской области в июне составила 33°C, июле — 38, августе — 39,7°C (средняя многолетняя — 18,2, 20,5 и 19,0°C соответственно), ГТК — 0,8. Отсутствие осадков, аномально высокая температура создали угрозу нормальному развитию и созреванию посевов.

Среднесуточные температуры воздуха в I и II декадах мая 2013 года (13,2 и 19,9°C соответственно) превышают среднемноголетние на 3,5 и 8,5°C, тогда как показатели III декады (17,1°C) ниже нормы на 2°C. Самая низкая (3,3°C) температура воздуха была зафиксирована 2 мая, высокая (30,2°C) — 16 мая.

За I декаду мая выпало 26 мм осадков, что выше нормы на 12 мм (46,1%). С 14 мая и до конца месяца ежедневно шли дожди разной степени. Всего за месяц выпало 131 мм осадков, что превысило средний многолетний показатель в 2,7 раза (норма — 49 мм).

Среднесуточная температура воздуха в июне (19,9°C) выше нормы на 4,5°C, минимальные температуры — 8,2...18,3°C, максимальные — 15,1...30,7°C. Осадки выпадали регулярно в течение времени: в каждой декаде три дня с осадками; дополнительные месячные колебания (34 мм) были ниже средних летних (63 мм) на 29 мм (46%).

I декада июля характеризовалась переменными температурами воздуха: минимальные — 14,2...17,4°C, максимальные — 24,1...29,5°C. Среднемесячное значение (21,5°C) превысило среднемноголетнее на 4,1°C. Во II и III декадах температура снижалась. Минимальные

температуры воздуха — 10,5...15,3°C, максимальные — 15,0...25,6°C, среднесуточные за II и III декады — 17,8°C (норма — 18°C). Средняя температура июля — 19,0°C (норма — 17,7°C). В течение месяца был 21 день с осадками, всего выпало 105,5 мм, что на 27,5 мм (35,2%) выше нормы (78 мм).

В августе минимальные температуры воздуха колебались от 10,0 до 17,9°C, максимальные — 21,2...30,2°C, среднесуточные за месяц — 18,1°C, что выше среднего показателя лета на 2,1°C. В течение месяца было 13 дн. с осадками. За I декаду выпало 36,8 мм (больше нормы на 9,8 мм), II — 11, III — 16,6 мм (ниже нормы на 13 и 6,4 мм при норме 24,0 и 23,0 мм).

Весной 2013 года осадки превысили среднюю летнюю норму в 2 раза, летом — 1,2 раза. Из-за обильного снежного покрова и дождей, прошедших весной, дерново-подзолистая почва, подстилая глинистую основу п. Михнево, была переуплотнена и перенасыщена влагой.

С конца апреля — начала мая возникли трудности с подготовкой земли к весенним полевым работам. Посев сафлора проводили поздно — 10...13 мая. Всходы отмечали на пятый-шестой день. 14 мая наступил период сильных дождей, который продолжался до конца месяца. Чрезмерное увлажнение в сочетании с благоприятным температурным режимом в июле-августе нарушило процесс налива семян. Урожай сафлора был низкий, семена плохого качества. Суммарная температура выше 5°C в 2013 году — 2264,8°C, а вегетационный период обусловлен влажной погодой (ГТК — 1,6). Агрометеорологические условия 2013 года можно охарактеризовать как факторные для всех сельскохозяйственных культур.

### Биологические особенности сорта сафлора масличного *Краса Ступинская* в контрастных почвенно-климатических условиях

Проведен сравнительный анализ для определения влияния зоны произрастания на вегетационный период и основные хозяйственно ценные показатели сафлора, выращиваемого в четырех регионах: Центральный Таджикистан, Приволжский федеральный округ (Саратовская обл.), Южный федеральный округ (Ростовская обл.) и Центральный федеральный округ (Московская обл.). Однолетнее травянистое растение *Краса Ступинская* имеет хорошо развитую стержневую корневую систему, достигающую глубины 10...20 см в южных районах и 1,5...2,0 м в Центральном Таджикистане. [21]

Стебель голый, прямостоячий, ветвистый, высотой около 83...90 см. Листья сидячие, ланцетные, овальные или ланцетно-эллиптические, по краям с мелкими зубцами, заканчивающиеся небольшими шипами. Соцветия — множество корзинок, диаметром 1,5...3,5 см, количество на растении — от 5...7 до 20...50 шт. Цветки трубчатые, с пятью отдельными венчиками желтого или оранжевого цвета. Плод — семянка, блестящая, напоминает семянку подсолнечника. Его твердая, трудно расщепляемая оболочка составляет 40...50% массы семени. Семена не осыпаются. При посеве могут прорасти при температуре 1...2°C, но лучше и дружнее при прогревании почвы до 5...6°C и более на глубине 10 см.

Ежегодно посев проводят: п. Михнево (7.05...11.05), Саратовская обл. (7.05), Ростовская обл. (26.04), Центральный Таджикистан (20.12...25.12 и 10.03...15.03).

Всходы появлялись через 3...8 дн., всегда дружные. Промежуток времени между началом бутонизации и цветением — 18...23 дн. До цветения прошло около 29...35 дн. Собирали урожай: п. Михнево — 23.08, Ростовская обл. — 12.08, Саратовская обл. — 16.08, Центральный Таджикистан — 7.04...10.04 (зимний посев) и 28.06...2.07 (весенний).

В Московской области от всходов до созревания в 2013 году прошло 96 дн., Ростовской — 112, Саратовской — 93...95, Центральном Таджикистане — 110 дн. Сроки вегетации сафлора везде были примерно одинаковые.

Основные показатели урожая сафлора: количество растений на 1 м<sup>2</sup> в п. Михнево — 26 шт., Ростовской обл. — 30 (посажено на семена), Саратовской — 62 (для кормовых целей). Высота растений во всех регионах — 63...80 см. Масса 1000 семян: п. Михнево, 2010 год — 50,0, 2013 — 30,3 г; Саратовская обл., 2013 год — 30,9, 2010 — 48,1 г, Ростовская, 2010 год — 42,3, 2013 — 53,4 г. В Московской области урожайность *Красы Ступинской* в 2013 году составила — 0,4, 2010 — 0,8 т/га; Саратовской: 2013 — 0,9, 2010 — 2,0 т/га; Ростовской, 2013 — 1,25, 2010 — 0,6 т/га.

Сорт *Краса Ступинская* рекомендован как сидеральная, фитосанитарная, кормовая, декоративная, перспективная масличная культура, а также для использования в медицине. Сафлор лучше всего подходит в качестве сидерата на дерново-подзолистых почвах.

#### Фитосанитарная роль сафлора красильного

Возделывание сафлора на зеленое удобрение способствует снижению засоренности последующей за ним зерновой культуры: ярового ячменя до 24 шт/м<sup>2</sup> или на 62% (2008—2009 годы), полбы голозерной — 11 шт/м<sup>2</sup> или на 89% (2013—2014) после двух лет выращивания сафлора на одном месте. Засоренность в посевах ячменя и полбы после горчицы белой и люпина узколистного составила в среднем 17...20 шт/м<sup>2</sup> (20,2%).

#### Сафлор красильный как кормовая культура

В 100 кг зеленой массы сафлора при влажности 76,06% содержится 22,75 к.е., в 100 кг силоса при влажности 82,78% — 15 к.е. и 1,3 кг перевариваемого протеина, в 100 кг сафлорового жмыха — 75,5 к.е.

#### Сафлор как масличное растение

В настоящее время результаты селекции на повышение масличности семян стали крупным достоянием сельскохозяйственного производства, как и селекция на изменение качества масла.

Было показано, что каждый сорт и даже форма представляют собой популяцию, состоящую из большего или меньшего числа биотипов, отличающихся рядом признаков, в том числе концентрацией жирных кислот масла. [10]

Основа для селекции на качество масла технического или пищевого использования — знание генотипической изменчивости состава и содержания жирных кислот в пределах культурных видов и дикорастущих сородичей. Н.И. Вавилов считал важным изучать внутривидовую дифференциацию сортов по химическим признакам качества, не раз подчеркивая в своих работах необходимость выявления генетических различий, о которых можно судить при исследовании в одинаковых условиях сортов в различных географических пунктах. [4]

Нами проведен сравнительный анализ определения содержания масла в семенах сафлора *Краса Ступинская* по трем годам, полученных из Ростовской обл. Массовая доля жира в семенах в избыточно влажном 2013 году составила 19,02%, сильно засушливом 2010— 23,7%, в Московской обл. — 6,4 и 31,2% соответственно.

Мы отметили, что накопление масличности зависит не только от количества осадков, но и температуры. Умеренное количество осадков и температура выше 18°C (фазы цветения и налива) положительно влияют на накопление масличности.

По содержанию линолевой кислоты, которую организм человека не вырабатывает, *Краса Ступинская* сопоставим с южным сортом *Махалли 260* (табл. 1). По количеству олеиновой кислоты (16,89%) он превосходит другие, что важно для сохранения свежести масла в течение длительного времени. *Краса Ступинская* отличается повышенной концентрацией насыщенных жирных кислот, особенно пальмитиновой, дает с гектара около 240 кг масла (при 250...300 тыс. раст./га) и 0,8 т семян. При густоте стояния 160 тыс. раст./га и урожае семян 1,7 т/га выход масла в Центральном Таджикистане — около 940 кг/га.

Повышение урожайности и качество продукции сафлора зависят от агротехники. Необходимо придерживаться морфологических особенностей культуры и сорта, учитывая сложные почвенно-климатические условия региона, специфику сельскохозяйственного производства и гидротермический режим вегетационного периода. Значение имеет техническая оснащенность, финансовое состояние и структура агрономического управления.

Поэтому потенциальная урожайность и экономический эффект от внедрения новой культуры во многом будут зависеть от использования адаптированной к местным условиям технологии выращивания с учетом этих факторов. Все агротехнические приемы, рекомендуемые для выращивания сельскохозяйственных культур, должны проводиться своевременно, поскольку пропуск или неправильное применение одного из элементов отразится на урожайности и качестве семян.

Таблица 1.  
Жирнокислотный состав масла сафлора красильного, 2013–2014 годы

| Жирная кислота                        | Массовая доля жирных кислот, % суммы жирных кислот |                       |                       | Норма в соответствии с ГОСТ 30623-98 |
|---------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------------------|
|                                       | Махалли 260 (Таджикистан, 2013 год)                | Краса Ступинская 2013 | Краса Ступинская 2014 |                                      |
| Миристиновая (C <sub>14:0</sub> )     | 0,1                                                | 0,1                   | 0,1                   | До 1,0                               |
| Пальмитиновая (C <sub>16:0</sub> )    | 7,6                                                | 7,7                   | 9,94                  | 2,0...10,0                           |
| Пальмитолеиновая (C <sub>16:1</sub> ) | 0,2                                                | 0,1                   | 0,55                  | До 0,5                               |
| Стеариновая (C <sub>18:0</sub> )      | 2,6                                                | 2,0                   | 2,48                  | 1,0...10,0                           |
| Олеиновая (C <sub>18:1</sub> )        | 13,2                                               | 13,6                  | 16,89                 | 7,0...42,0                           |
| Линолевая (C <sub>18:2</sub> )        | 75,6                                               | 75,7                  | 65,88                 | 55,0...81,0                          |
| Линоленовая (C <sub>18:3</sub> )      | 0,2                                                | 0,1                   | -                     | До 1,0                               |
| Арахидовая (C <sub>20:0</sub> )       | 0,3                                                | 0,4                   | -                     | До 0,5                               |
| Гондоиновая (C <sub>20:1</sub> )      | 0,2                                                | 0,3                   | -                     | До 0,5                               |

### Место в севообороте и обработка почвы

Лучшие предшественники для сафлора — зерновые культуры. При соблюдении правильной агротехники сафлор оставляет поле после себя чистым от сорной растительности два года. Сафлор не требователен к почвам, хорошо произрастает даже на бедных (по качественному составу) дерново-подзолистых Московской области.

### Результаты фитосанитарной экспертизы семян сафлора при перестое на корню

Среди вредоносных бактериальных заболеваний — пятнистость листьев и стеблей, вызываемая *Pseudomonas syringae*. Фитоплазмы (микоплазмopodobные организмы — MLO organisms) могут приводить к израстанию, филлодиям соцветий сафлора.

Среди заболеваний грибной природы наиболее распространена альтернариозная пятнистость листьев из-за специфичного вида *Alternaria carthami* (Rodigin) Chowdhury, а также другие пятнистости, вызываемые анаморфными грибами, в том числе церкоспорная (*Cercospora* sp.), септориоз (*Septoria* sp.), аскохитоз (*Ascochyta carthami* M. Chochr.), филлостиктоз (*Phyllosticta carthami* Тророва), рамуляриоз (*Ramularia carthami* Zapr.). Встречается поражение растений сафлора склероциальной гнилью (возбудитель — грибы *Macrophomina phaseolina* Ashby.), ложной мучнистой росой, или мильдью (*Bremia lactucae* Regel), настоящей мучнистой росой (*Oidium carthami* Jacz.), несколькими видами ржавчинных возбудителей из родов *Puccinia* и *Aecidium*. Из патогенов с широкой филогенетической специализацией значительную вредоносность оказывают возбудители угливой твердой ботритисной (*Botrytis cinerea* Pers.) и белой гнили (*Sclerotinia sclerotiorum* Fuck.); увядание растений начинают почвообитающие грибы (*Fusarium oxysporum* Schl. и *Verticillium dahlia* Kleb); возбудители фитофторозной корневой и стеблевой гнили — оомицеты рода *Phytophthora*, наиболее часто *P. cactorum* (Lebert & Cohn) J. Schröt.; на ранних этапах онтогенеза корневую гниль всходов вызывают виды *Pythium* spp. [22]

Среди вирусных заболеваний распространены: вирус мозаики люцерны (*Alfalfa mosaic virus*), обыкновенной огуречной мозаики (*Cucumber mosaic virus*), мозаики салата (*Lettuce mosaic virus*), мозаики репы (турнепса) (*Turnip mosaic virus*).

По результатам визуальной диагностики сортов образцов было выявлено, что семена не имели внешних признаков поражения. На листьях установлено 40,5% поражения в виде черно-серого и бело-серого грибного налета на некротизированных участках округлой или неправильной формы. На соцветиях сходные внешние признаки поражения распространены на уровне 50%.

Результаты оценки зараженности надземных органов растений сафлора методом влажной камеры представлены в таблице 2. Зараженность грибами оценивали по наличию налетов — структур мицелия и спороношения. Только на соцветиях грибные и бактериальные микроорганизмы встречались практически в равных соотношениях. А на семенах и соцветиях доминировали по распространенности бактерии, определяемые по присутствию бактериального экссудата в виде капель слизи или жидкости.

Впоследствии структуры налета и экссудата в стерильных условиях перенесли на питательную среду, где получили чистые культуры микроорганизмов.

Таблица 2.  
Средняя зараженность надземных органов растений сафлора, выявленная методом влажной камеры

| Образец  | Зараженность, % |            |            |
|----------|-----------------|------------|------------|
|          | бактериями      | грибами    | общая      |
| Листья   | 25,0 ± 1,5      | 12,0 ± 2,1 | 40,5 ± 1,2 |
| Семена   | 60,0 ± 1,7      | 40,7 ± 2,0 | 50,0 ± 2,4 |
| Соцветия | 20,5 ± 2,0      | 20,5 ± 1,5 | 60,4 ± 1,7 |

По внешнему виду колоний и цвету экссудата доминировали бактериальные патогены, предположительно *Pseudomonas syringae*. По результатам микроскопирования основной компонент грибной микробиоты на семенах, листьях и соцветиях — род *Alternaria*, реже встречались зигомицеты, предположительно рода *Rhizopus*. При этом не было различий по наличию микроорганизмов на поверхности и внутри семян, кроме поражения ризопусом, который выделен только с поверхности. Высокая общая зараженность семян (50%), возможно, была связана с повышенной влажностью.

При оценке частоты встречаемости видов грибов и бактерий на питательной среде (по КОЕ) выяснили, что доминируют бактериальные патогены, предположительно *Pseudomonas syringae* (P=60%), в меньшей степени грибы рода *Alternaria* (P=35%) и *Rhizopus* (P=5%).

По результатам фитосанитарной экспертизы выявлено, что на семенах при общей зараженности 50% доминируют бактериальные патогены, предположительно *Pseudomonas syringae* (P=60%), в меньшей степени — грибы рода *Alternaria* (P=35%) и *Rhizopus* (P=5%).

### 2. Изучение сафлора красивого в условиях Северного Зауралья

Исследование проведено в 2021–2022 годах на экспериментальном участке биостанции Тюменского государственного университета «Озеро Кучак», расположенном в Нижнетавдинском районе Тюменской области, в 50 км к северо-востоку от г. Тюмень на южном берегу озера Кучак (исследования продолжаются в настоящее время).

Высота над уровнем моря 61 м, климат резко-континентальный, с суровой зимой и коротким летом. Территория умеренно-увлажненная, ГТК — 1,2...1,3. Годовое количество осадков — 350...380 мм. Сумма положительных температур воздуха за период с температурой выше 10°C — 1700...1900°C, продолжительность — 114...123 сут. Отмечаются засухи слабой и средней интенсивности. [11]

Почва — окультуренная дерново-подзолистая супесчаная, содержание гумуса — 3,67%, кислотность — 6,6 (близкая к нейтральной).

Данные по среднесуточной температуре воздуха и осадкам получены со справочно-информационного портала «Погода и климат» [6] и профессиональной локальной метеостанции IMetOS IMT300, установленной на экспериментальном участке. Для оценки вегетационных периодов по увлажнению использовали гидротермический коэффициент. [17] Погодные условия по годам исследования характеризовались как очень

засушливые в 2021 году (ГТК – 0,39) и слабо засушливые в 2022 (ГТК – 1,0).

Период с мая по август 2021 года характеризовался повышенной температурой, по сравнению со средними многолетними значениями на 1,0...5,6°C, на фоне существенного недостатка осадков (10...57% нормы). Превышение среднесуточной температуры над средними многолетними отмечено в мае и августе (на 5,6 и 3,4°C соответственно, норма – 12,0 и 16,1°C). Рост и развитие растений проходили в условиях дефицита осадков, сумма которых по отношению к норме изменялась по месяцам от 10 (май, норма – 44 мм) до 54% (сентябрь, норма – 45 мм).

Анализ среднесуточной температуры воздуха за вегетационный период 2022 года выявил отклонение от нормы в июне (ниже на 1,3°C), июле (выше на 0,9°C), августе (выше на 1,8°C). Количество осадков только в мае было близко к средним многолетним (44,0 мм), в остальные месяцы показатель отношения к норме изменялся от 46,7 (август, норма – 60 мм) до 91,6% (июль, норма – 86 мм).

Высевали сафлор сорта *Краса Ступинская* 23 мая (2021 год) и 15 мая (2022). Период от прорастания семян до формирования всходов – 12...14 сут.

Площадь делянки – 1 м<sup>2</sup>, повторность трехкратная, сафлор размещали в блоке с другими изучаемыми культурами (нут абиссинский, горчица, рапс, амарант). Высевали вручную по 8 шт. на погонный метр, глубина заделки семян – 5...6 см, междурядье – 20 см. За вегетацию проводили фенологические наблюдения за ростом и развитием растений.

В различных условиях вегетационных периодов 2021 и 2022 годов сорт *Краса Ступинская* продемонстрировал относительно высокие адаптивные свойства с момента появления всходов и до созревания семян при продолжительности вегетационного периода 110 сут. в первый год и 113 сут. – во второй.

Биологическая устойчивость сафлора была ниже в 2022 году, что может быть обусловлено недостаточным температурным фоном почвы в начальный

период онтогенеза. Отмечено, что часть растений в фазе полных всходов испытывала угнетение с дальнейшим замедлением ростовых процессов и даже гибелью.

Результаты по основным селекционно ценным признакам представлены в таблице 3.

В 2021 году, несмотря на водный и тепловой стресс, высота растений составила 79,3 см, наряду с относительно высокими показателями количества листьев на растении (59,4 шт.) и их сухой массы (7,3 г). Пониженные температуры воздуха и почвы в 2022 (особенно в июне) при недостатке влаги привели к достоверному снижению показателей облиственности растений (количество листьев – 42,2 шт., сухая масса – 4,5 г). Максимальное содержание хлорофилла в листьях выявлено в фазах цветения и начала формирования семян, а при созревании отмечали деградацию пигмента. Учитывая, что содержание хлорофилла отражает физиологический статус растения в каждой фенологической фазе развития, в 2022 году было выполнено восемь измерений с интервалом 7 сут. с помощью оптического счетчика SPAD 502. На основании полученных данных построен график, отражающий динамику изменения пигмента (рис. 1).

При сравнении с другими видами растений обнаружено, что по количеству хлорофилла сафлор уступает амаранту, находится на одном уровне или превосходит (в зависимости от фенологической фазы) подсолнечник, рапс, горчицу, нут абиссинский.

Показатели высоты растений, количества соцветий на одном растении, описанные в условиях Московской обл., незначительно отличаются при выращивании сорта в Тюменской. [20]

Известно, что урожайность семян и их крупность зависят не только от особенностей генотипа, но и условий окружающей среды, что подтверждает сравнение результатов двух лет изучения. В среднем за два года урожайность семян – 3,8 ц/га (от 2,4 – 2022 год до 5,8 ц/га – 2021). В первый год получены более крупные

Таблица 3.

Морфологические и биохимические показатели сафлора красильного сорта *Краса Ступинская* по годам

| Признак                                                                                  | 2021            | 2022            | Хср. ± Sx       |
|------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Биологическая устойчивость, %                                                            | 53,7 ± 3,80     | 49,8 ± 2,81     | 51,8 ± 3,31     |
| Высота растений, см                                                                      | 79,3 ± 3,01     | 82,3 ± 2,30     | 80,8 ± 2,65     |
| Количество листьев на одном растении, шт.                                                | 59,4 ± 4,21*    | 42,2 ± 3,66     | 50,8 ± 3,93     |
| Содержание хлорофилла в клетках листьев, ед. spad (период цветения – формирование семян) | 67,3 ± 2,34*    | 60,3 ± 1,10     | 63,8 ± 1,72     |
| Сухая масса листьев на одном растении, г                                                 | 7,3 ± 2,34*     | 4,5 ± 1,02      | 5,9 ± 1,68      |
| Длина корня, см                                                                          | 13,3 ± 2,41*    | 8,2 ± 1,19      | 10,7 ± 1,80     |
| Сухая масса корня, г                                                                     | 1,8 ± 0,11*     | 0,9 ± 0,03      | 1,3 ± 0,07      |
| Количество соцветий на одном растении, шт.                                               | 8,2 ± 1,87*     | 4,5 ± 0,99      | 6,3 ± 1,43      |
| Масса соцветий, г                                                                        | 12,2 ± 0,97*    | 9,0 ± 1,03      | 10,6 ± 1,00     |
| Количество семян в одном соцветии, шт.                                                   | 31,8 ± 3,45*    | 12,3 ± 5,02     | 22,0 ± 4,23     |
| Масса семян на одном растении, г                                                         | 5,9 ± 0,63*     | 2,1 ± 0,11      | 4,0 ± 0,37      |
| Масса 1000 семян, шт.                                                                    | 37,3 ± 0,18*    | 29,4 ± 0,12     | 33,35 ± 0,15    |
| Урожайность семян, г/м <sup>2</sup>                                                      | 52,7 (5,3 ц/га) | 23,6 (2,4 ц/га) | 38,1 (3,8 ц/га) |
| Белок, %                                                                                 | 14,12           | 13,25           | 13,66           |
| Масличность, %                                                                           | 7,27            | 5,71            | 6,49            |

Примечание. \* – Различия достоверны (p > 0,05) при сравнении по годам исследования.

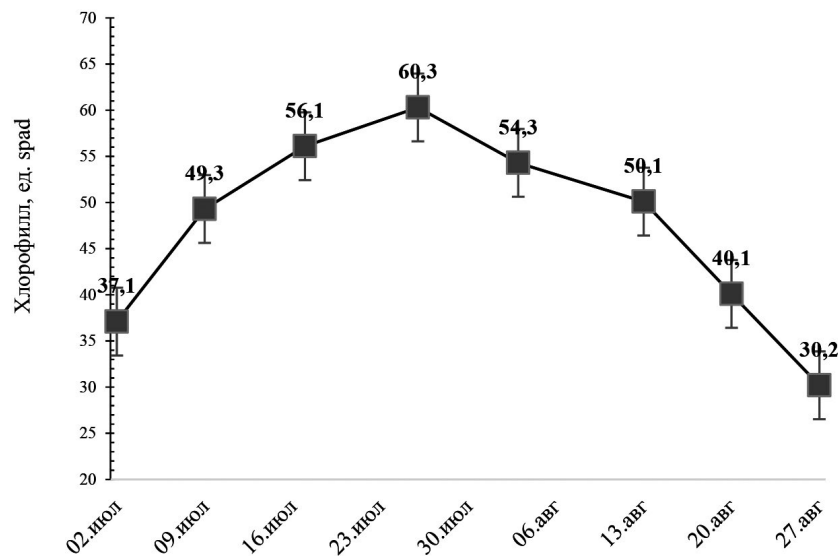


Рис. 1. Динамика изменения хлорофилла в листьях сафлора в разные периоды роста и развития.

семена с массой 1000 шт. — 37,3 г (на 7,9 г больше, чем во второй год).

Для формирования признаков, определяющих семенную продуктивность сафлора, более благоприятными были погодные условия 2021 года (рис. 2, 3-я стр. обл.). При засухе сафлор развивал мощную корневую систему, что обеспечило возможность получения влаги из глубоких слоев почвы. Повышенный температурный фон ускорил созревание семян.

Анализ структуры биомассы растений сафлора красильного позволил выявить преобладание доли стебля и соцветий (29 и 32% соответственно) (рис. 3, 3-я стр. обл.). На долю семян в общей биомассе приходится 15%, листьев — 19%.

По содержанию белка в семенах различия по годам незначительные — 13,66%, масличность была выше в 2021 году.

Результаты предварительного изучения позволяют рассматривать климатические условия юга Тюменской области как благоприятные для роста и развития растений сафлора красильного. Реализация биологического потенциала культуры зависит от генотипа и показателей тепло- и влагообеспеченности. Неоднозначная реакция сафлора на меняющиеся условия выращивания указывает на необходимость научно-обоснованного подбора сортов и отработку элементов технологии выращивания (срок посева, плодородие почвы, норма высева семян).

В перспективе сафлор красильный в Северном Зуралье может найти применение в качестве масличной и сидеральной культуры, а также как медонос, лекарственное и декоративное растение.

### 3. Изучение сафлора масличного в условиях южного засушливого климата Казахстана

Казахстан — один из крупнейших в мире производителей пшеницы, многие фермеры также занимаются засухоустойчивыми культурами (лен, сафлор). Этому способствует высокая рентабельность производства таких культур, что позволяет диверсифицировать риски при выращивании традиционных.

На Юге Казахстана из-за уменьшения количества осадков в вегетационный период требуется подбирать засухоустойчивые культуры, одна из которых сафлор. Его биологическая особенность — способность произрастать на засоленных солончаковых землях, давать урожай в экстремально засушливые годы, когда гибнут зерновые. Себестоимость продукции сафлора намного ниже и экономически оправданы затраты, по сравнению с подсолнечником. Сафлор проявил устойчивость к вредителям и болезням, по сравнению с подсолнечником на юге страны.

В Казахстане сафлор возделывают, в первую очередь, для производства семян, идущих на селекционно-семеноводческие цели и переработку на пищевое растительное масло.

Производство растительной продукции ведется по экологической безопасной технологии. В 2018 году мировое производство семян сафлора составило 627 653 т во главе с Казахстаном (34% мирового объема).

В Казахстане селекция сафлора ведется в КазНИИЗиР, Красноводопадской СХОСС и Актюбинской СХОС. [2] Эти научные учреждения создали многие сорта сафлора, которые обладают хорошими продуктивными и хозяйственными качествами, засухоустойчивые, лузжистость — 38...45%, масличность — 36...38%, урожайность в зависимости от зоны богары в среднем — 7...12 ц/га.

Внедрение нового сорта в производство будет соответствовать основному направлению диверсификации растениеводческой отрасли в регионе — расширению ассортимента засухоустойчивых масличных культур.

Сафлор небиржевая культура, цена складывается на основе анализа производства и потребления в мире. Самый главный параметр цены — качество пищевого масла сафлора. Но уже на протяжении последних 4...5 лет наиболее выгодные поставки сафлора в Китай.

Культура приспособлена к условиям резко континентального климата и по своей требовательности к влаге относится к числу наиболее засухоустойчивых растений. Семена прорастают при температуре почвы на глубине заделки 1...2°C, а всходы переносят замороз-

ки до минус 6...минус 8°C. Вегетационный период в условиях Юга и Юго-Востока Казахстана — 110...120 дн.

Сафлор — медоносное растение. Как медонос он неустойчив, но неплохой пыльценос. В Южно-Казахстанской области, где его посевы составляют 80...105 тыс. га, выделяет нектар в редкие годы и обычно не более 5...10 дн. Контрольный улей в это время прибавляет в весе от 0,5 до 2,5 кг в день. Замечено, что при малейшем изменении погоды функция медоноса прерывается. Пчеловоды используют посевы сафлора только в сочетании с другими медоносами, чтобы пчелы могли запастись пыльцой. Сафлоровый мед обычно светлый, с желтоватым оттенком, без особого аромата.

Урожайность семян сафлора на необеспеченной богаре в южных областях — 8...10 ц/га, в условиях полубеспеченной богары Юго-Востока Казахстана — 12...14 ц/га.

**Место в севообороте.** Хорошие предшественники при возделывании сафлора на семена — чистые пары, многолетние травы и зернобобовые культуры, на масло и кормовые цели — зерновые и другие. Сафлор в севооборотах — замыкающая культура с целью очистки от сорной растительности, хороший предшественник для яровых.

**Обработка почвы.** Биологические особенности сафлора определили целый ряд агротехнических приемов его возделывания. Готовят почву под посев с осени, вспахивают на глубину до 20...22 см (тяжелые) и 10...12 см (легкие) плоскорезами глубокорыхлителями КПП-250.

В условиях засушливой осени, как правило, почва бывает сухая, поэтому зябь оставляют на зиму в незаборонованном состоянии. Обработка сухой почвы осенью боронами приводит к ее распылению, что вызывает сильную ветровую эрозию.

Ранней весной необходимо следить за готовностью почвы, по мере подсыхания бороновать игольчатыми боронами БИГ-3 в активном положении с малым углом атаки.

**Сроки посева.** Общеизвестно влияние сроков посева на урожайность возделываемых культур. Особенно важное значение имеет выбор срока посева сафлора на необеспеченной богаре, где весной быстро нарастают положительные температуры, вызывающие усиленное испарение почвенной влаги.

Оптимальный срок посева сафлора в условиях богары Туркестанской области до первой половины марта (15 марта), в Алматинской, Жамбылской областях — начало апреля (до 5 апреля), период через одну неделю после начала весенних полевых работ, после проведения ранневесеннего боронования для закрытия влаги и предпосевной культивации с боронованием и прикатыванием. Более поздние сроки посева и чрезмерно ранний приводят к снижению урожайности сафлора.

**Способы посева.** Высевают сафлор овощной сеялкой СОН-4,2 с междурядьем 45 см или обычными (СЗ-3,6, СЗП-3,6, СЗТ-3,6) с установкой заданной ширины междурядий. Сплошной или рядовой (15 см) способ применяют при возделывании сафлора на зеленый корм или силос.

**Нормы высева.** Оптимальная при посеве с шириной междурядий 60 см — 160 тыс. всх. сем. или 7,5...8,0 кг/га, рядовым способом увеличивается в 3...4 раза — 0,5...0,7 млн всх. сем. (25,5...32,5 кг/га).

Практически во всех районах области аграрии предпочитают сеять районированные сорта сафлора: *Акмай, Нурлан, Ииркас, Молдир-2008*. Они не раз доказывали свою состоятельность, выдерживая засухи, пятидесятиградусную жару и суховеи. Судя по первым укосам, урожайность сафлора в 2021 году была неплохой, в среднем по 9...10 ц/га, на 0,5 ц/га больше, чем урожайность 2020 года. Заканчивается уборка сафлора в области традиционно в начале сентября (5 сентября).

В восточных и центральных районах Туркестанской области сафлор выращивают с 1996 года. Это привычная агрокультура, часто встречающаяся в южных регионах Казахстана. В структуре площадей, обрабатываемых на богарных землях Тулькубасского, Казыгуртского, Байдибекского, Ордабасинского, Сайрамского, Келесского и Толебийского районов сафлор занимает около 35%. Средняя урожайность в 2021 году — 10 ц/га.

Хозяйства области используют семена выведенные на Красноводопадской сельскохозяйственной опытной селекционной станции (СХОСС).

В южных областях Казахстана уменьшается количество осадков в вегетационный период данной масличной культуры, поэтому возникает необходимость подбора засухоустойчивых культур, одна из которых сафлор. Его биологическая особенность — способность произрастать на засоленных солончаковых землях, давать урожай в экстремально засушливые годы, когда гибнут зерновые. Существует государственная программа поддержки выращивания сафлора.

В области есть собственная переработка. В 2014 году запущен маслозавод по переработке сафлоровых семян. Сырье в основном реализуется в Китай, поскольку там имеется стабильный спрос на данную продукцию. Часть сафлора перерабатывается в масло, которое продают как на экспорт, так и на внутреннем рынке страны.

Перспективы сафлора в Южном Казахстане высокие. Во-первых, это высокорентабельное производство, даже при урожайности 3 ц/га дает прибыль (табл. 4). Во-вторых, развиваются инновационные направления использования сафлора в медицине, особенно при лечении сердечно-сосудистых заболеваний. Поэтому спрос на данную культуру будет всегда.

В Казахстане селекция сафлора изучается в КазНИИЗиР (Алматинская обл.) и на Красноводопадской СХОСС (Туркестанская обл.). Научными учреждениями созданы сорта *Центр-70, Алкызыл, Талап, Акмай, Нурлан, Ииркас, Молдир-2008, Онтустик*. Они обладают хорошими продуктивными и хозяйственными качествами, но при засухе и знойных суховеях Западного Казахстана не способны проявлять свои потенциальные возможности.

В результате селекции создан новый сорт *Ахрам*, адаптивный для знойных суховеев. Растения имеют

**Таблица 4.**  
**Урожайность сафлора по годам в Туркестанской области**

| Урожайность | 2016      | 2017      | 2018      | 2019      | 2020      |
|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| га          | 70 546    | 109 287   | 92 827    | 88 055    | 80 732    |
| т           | 59 258,64 | 93 986,82 | 81 687,76 | 72 205,10 | 75 080,76 |
| ц/га        | 8,4       | 8,6       | 8,8       | 8,2       | 9,3       |

компактную форму, количество продуктивных корзинок на одном растении — 10...16 шт., высота — 45...65 см. Листья цельнокрайние, сидячие, нижние — продолговато-овальные без шипов. Цветки оранжево-красные, семянки желтовато-белые.

Масса 1000 семян — 44,0...45,2 г, что превышает стандарт на 10...15%, масличность — 37...38%, выше стандарта *Акмай* на 13,8%. Средняя урожайность в условиях Актюбинской обл. — 9,5...10,5 ц/га, больше, чем у районированного сорта на 30%.

Высокая урожайность семян сорта *Ахрам*, по сравнению со стандартом *Акмай*, обусловлена следующим элементом структуры продуктивности: количество корзинок с крупными семенами на одном растении превышает стандарт в два раза и более.

Возделывание и выращивание сорта *Ахрам* на маслосемена рентабельно. Выход масла с 1 га — 286 кг, что на 90 кг выше, чем у стандартного.

Внедрение *Ахрама* в производство будет соответствовать основному направлению диверсификации растениеводческой области в регионе и расширению ассортимента засухоустойчивых масличных культур.

#### 4. Изучение сафлора красильного в условиях Таджикистана

Одна из наиболее важных проблем сельскохозяйственного производства — изыскание новых приемов и методов, направленных на увеличение производительности земледелия. Особенно это важно в условиях сухого климата и относительного малоземелья Таджикистана.

Повышение урожайности кормовых и масличных культур в этих зонах должно осуществляться на основе прогрессивных технологий с привлечением новых высокопродуктивных и засухоустойчивых культур, способных выдерживать климатические условия богарных земель, давать высокие урожаи зеленой массы с хорошими кормовыми качествами.

В настоящее время сафлор в республике возделывается как масличная культура. В семенах содержится до 37% пищевого масла. Абсолютное содержание жира в очищенных семенах — 60%. Сафлоровое масло, полученное из семян, очищенных от оболочек, пригодно в пищу. По химическому составу схоже с маковым и конопляным. Относится к полувывсыхающим маслам. Йодное число — 126...151. Масло пригодно для олифования: используется в лакокрасочной промышленности, мыловарении, при изготовлении линолеума, вошанки, идет на приготовление маргарина, а также в технических целях.

Отходы маслобойного производства (жмых, шрот) — прекрасный корм для животных. В 1 кг сафлорового жмыха содержится 0,56 кг корм. ед. Из 1 ц зерна сафлора разных сортов получается 65...80 кг жмыха. В 100 кг зеленой массы сафлора при влажности 76% содержится 22,75 корм. ед. и 2,91 кг переваримого протеина. [16] В 100 кг силоса из сафлора при влажности 83,0% — 15 корм. ед. и 1,3 кг переваримого протеина.

Возможность произрастания культуры сафлора в условиях богары, его нетребовательность к почвам, уходу, способность накапливать значительную зеленую массу в ранневесенний период и высокая питательность подсказали целесообразность применения его на корм скоту.

#### Продуктивность семенников различных сортов сафлора

Изучив более 10 сортообразцов сафлора, выявили наиболее продуктивные из них для получения зеленой массы. Затем была поставлена задача исследовать и выявить сорта, обеспечивающие в условиях богары Таджикистана наибольший урожай семян с высокой масличностью.

Известно, что важный элемент структуры урожая зерна сафлора — количество корзинок на каждом растении, число семян в корзинке и масса 1000 семян.

У сорта *Шифо* на одном растении образовывается в среднем около 27,0 корзинок, в каждой из которых 33,2 крупных семян, масса 1000 семян — 32,7 г, семенная продуктивность с одного растения — 26,3 г, биологическая урожайность семян — 31,6 ц/га (табл. 5).

По приведенным данным в таблице 6 видно, во все годы исследований наибольшую урожайность семян обеспечивал сорт *Шифо*, в среднем за три года — 24,3 ц/га, у *ВИР-464* — 23,2 ц/га.

Таблица 5.

Элементы структуры урожая семян сафлора различных сортообразцов

| Сорт                         | Количество, шт.            |                        | Масса, г                |                  | Биологический урожай, ц/га |
|------------------------------|----------------------------|------------------------|-------------------------|------------------|----------------------------|
|                              | корзинок на одном растении | семян в одной корзинке | семян с одного растения | масса 1000 семян |                            |
| <i>Милютинский 114</i> (ст.) | 18,8                       | 24,3                   | 18,2                    | 31,5             | 22,8                       |
| <i>ВИР 489</i>               | 25,2                       | 31,6                   | 23,7                    | 31,8             | 28,4                       |
| <i>Местная 498</i>           | 21,6                       | 30,9                   | 19,4                    | 29,2             | 23,3                       |
| <i>ВИР-454</i>               | 25,7                       | 32,0                   | 25,2                    | 32,3             | 30,2                       |
| <i>ВИР 483</i>               | 20,5                       | 28,6                   | 18,7                    | 30,0             | 22,4                       |
| <i>Шифо</i>                  | 26,9                       | 33,2                   | 26,3                    | 35,7             | 31,6                       |
| <i>Местная 492</i>           | 19,9                       | 30,0                   | 17,6                    | 27,8             | 21,1                       |
| <i>Местная 260</i>           | 24,5                       | 30,4                   | 25,0                    | 32,1             | 30,0                       |
| <i>ВИР 376</i>               | 17,7                       | 24,5                   | 17,8                    | 29,7             | 21,4                       |
| <i>Местная 505</i>           | 23,3                       | 30,0                   | 22,6                    | 31,0             | 27,1                       |
| <i>ВИР 467</i>               | 21,4                       | 26,9                   | 22,2                    | 30,3             | 26,6                       |

Таблица 6.

Урожай семян сафлора в зависимости от сорта, ц/га

| Сорт                         | Год  |      |      | Среднее | Отклонение от стандарта |
|------------------------------|------|------|------|---------|-------------------------|
|                              | 2018 | 2019 | 2020 |         |                         |
| <i>Милютинский-114</i> (ст.) | 16,7 | 20,7 | 17,8 | 18,4    | -                       |
| <i>ВИР-489</i>               | 20,6 | 26,2 | 22,2 | 23,0    | +4,6                    |
| <i>ВИР-498</i>               | 16,8 | 20,9 | 18,1 | 18,6    | +0,2                    |
| <i>ВИР-454</i>               | 21,9 | 25,9 | 21,8 | 23,2    | +4,8                    |
| <i>ВИР-483</i>               | 25,7 | 21,0 | 18,5 | 18,4    | ± 0                     |
| <i>Шифо</i>                  | 22,4 | 27,5 | 23,0 | 24,3    | +5,9                    |
| <i>Местная-492</i>           | 16,1 | 20,2 | 17,1 | 17,8    | -0,6                    |
| <i>Местная-260</i>           | 20,5 | 24,2 | 21,3 | 22,0    | +3,6                    |
| <i>ВИР 376</i>               | 14,9 | 19,3 | 16,2 | 16,8    | -1,6                    |
| <i>Местная 505</i>           | 19,6 | 23,4 | 20,9 | 21,3    | +2,9                    |
| <i>ВИР 487</i>               | 18,0 | 22,7 | 20,5 | 20,4    | +2,0                    |

Таким образом, по результатам трехлетних испытаний различных сортов сафлора выявлено, что для возделывания в условиях обеспеченной осадками богары Таджикистана перспективным считается сорт *Шифо*. Он выведен из исходного материала каталога ВИР под номером 494 методом индивидуального отбора. Растения отличаются высокорослостью — в условиях обеспеченной осадками богары стебли достигают 145...150 см. Листья продолговато-ланцетные, расположенные в очередном порядке, крупные, цельнокрайние, почти сидячие. Ветвистость высокая — 14...18 ветвей первого порядка, каждая из которых оканчивается корзинкой. На ветвях первого порядка часто образуются 4...5 ветвей второго порядка и несущие корзинки с семенами. На одном растении — 20...30 корзиночек. Цветок трубчатый, пятираздельный, оранжевой или желтой окраски. В корзинке от 30 до 65 семян, масса 1000 штук — 34...40 г. Семена белые, голые, блестящие, оболочки — 34...39% массы семян. Содержание жира в сухом ядре — 55...60%, маслянистость целой семянки — 30...34%. Сорт относится к среднескороспелой группе. При весеннем посеве продолжительность вегетационного периода 100...120 дн., зимнем (в декабре) — 170...180 дн.

**Выводы.** Развитие стабильного, устойчивого сельского хозяйства в суровые засушливые годы в Российской Федерации, Казахстане и Таджикистане подчеркнуло преимущества культуры сафлора, произрастающего в Египте и Индии. Изучены его биологические особенности, продуктивность, накопление маслянистости и развитие болезней растений. Созданы сорта сафлора масляного, обладающие адаптивным потенциалом, сочетающие стабильную урожайность и достаточную маслянистость. В условиях потепления климата сорта обеспечат продовольственную безопасность вышеупомянутых стран.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Адамень Ф.Ф., Прошина И.А. Сафлор красильный. Симферополь, 2016. 296 с.
2. Баймагамбетова К.К., Гацке Л.Н., Жубанышева А.У. и др. Результаты экологического сортоиспытания масличных культур в различных экосистемах Казахстана. В кн.: Актуальные проблемы агронауки в условиях адаптации к глобальному изменению климата. Сб. мат. Межд. науч.-практ. конф., посвящ. 75-летию доктора сельскохозяйственных наук, профессора, академика НАН РК и АСХН РК Мейірман Ғалиолла Төлендіұлы, Алматы: ТОО «Асыл Кітап» (Баспа үйі), 2021. С. 99—102.
3. Будыко М.И. Эволюция биосферы. Л.: Гидрометеоздат, 1984. 488 с.
4. Вавилов Н.И. Селекция как наука // Избранные труды. Ленинград. Т. 1. 1967. С. 328—343.
5. Горбатенко, Л.Е. Н.И. Вавилов — основоположник теории интродукции растений. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. СПб.: ВИР, 2007. Т. 164. С. 34—49.
6. ГОСТ 10857-64. Семена масличные. Методы определения маслянистости. Принят 22 апреля 1964 г.
7. ГОСТ 30623-98. Масла растительные и маргариновая продукция Метод обнаружения фальсификации. Принят 1 января 2000 г. 18 с.
8. Гужов Ю.Л., Фукс А., Валичек П. Селекция и семеноводство культурных растений. М.: Мир, 2003. 539 с.
9. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

10. Ермаков А.И., Попов Е.В. Селекция подсолнечника для улучшения технологических свойств пищевых продуктов и масла. Труды прикладной ботаники, генетики и селекции. 1972. Т. 3. С. 171—172.
11. Иваненко А.С., Кулясова О.А. Агроклиматические условия Тюменской области. Тюмень: ТГСХА, 2008. 206 с.
12. Кшикаткина А.Н., Прахова Т.Я., Шанин А.А. Продуктивность и качество окраски сортов сафлора в условиях Среднего Поволжья // Нива Поволжья. 2019. № 1 (50). С. 2—7.
13. Медеубаев Р.М. Сафлор: сделано много, но есть проблемы. Аграрный сектор. 2014. № 1(19). С. 66—68.
14. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур / Под общ. ред. М. А. Федина. М.: Сельхозиздат, 1983. 183 с.
15. Норов М.С. Сафлор в Таджикистане. Душанбе: Хумо, 2005. 183 с.
16. Погода и климат. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.pogodaiklimat.ru/> (дата обращения: 19.11.2022).
17. Селянинов Г.Т. К методике сельскохозяйственной климатологии // Труды по сельскохозяйственной метеорологии. 1930. № 2. Вып. 22. С. 45—91.
18. Темирбекова С.К., Афанасьева Ю.В., Куликов И.М. Интродукция сафлора (*Carthamus Tinctorius* L.) в Центральный район Нечерноземной зоны: монография. М.: ФГБНУ ФНИ Садоводство, 2020. 152 с.
19. Темирбекова С.К., Афанасьева Ю.В., Куликов И.М. и др. Особенности выращивания масличной культуры — сафлора в контрастных почвенно-климатических условиях // Вестник российской аграрной науки. 2018. № 2. С. 31—37.
20. Темирбекова С.К., Куликов И.М., Ионова Н.Э. и др. Перспективы использования нового сорта сафлора красильного Краса Ступинская // Овощи России. 2013. № 4 (21). С. 63—64.
21. Темирбекова С.К., Афанасьева Ю.В., Курило А.А. и др. Адаптивная технология возделывания сорта сафлора масличной культуры Краса Ступинская в биоорганическом сельском хозяйстве: рекомендации. М.: Агрорус, 2016. 64 с.
22. Хохряков М.К., Доброзракова Т.Л., Степанов К.М., Летова М.Ф. Определитель болезней растений. 3-е изд., изд. СПб.: Лань, 2003. 592 с.
23. Шевченко С.Н., Зубков В.В. Рыжик озимый и сафлор красильный— «новые» масличные культуры (Электронный ресурс). 2011. Электр. дан. <http://agropost.ru>. (Дата обращения — 11.01.2011).
24. Coste S., Baraloto C., Leroy C. et al. Assessing foliar chlorophyll contents with the SPAD-502 chlorophyll meter: A calibration test with thirteen tree species of tropical rainforest in French Guiana. Ann Forest Sci 67. 2010. 607611.

#### REFERENCES

1. Adamen' F.F., Proshina I.A. Saflor krasil'nyj. Simferopol', 2016. 296 s.
2. Bajmagambetova K.K., Gacke L.N., Zhubanysheva A.U. i dr. Rezul'taty ekologicheskogo sortoispytaniya maslichnykh kul'tur v razlichnykh ekozonah Kazahstana. V kn.: Aktual'nye problemy agronauki v usloviyah adaptacii k global'nomu izmeneniyu klimata. Sb. mat. Mezhd. nauch.-prakt. konf., posvyashch. 75-letiyu doktora sel'skhozajstvennykh nauk, professora, akademika NAN RK i ASHN RK Mejrman Faliolla Tölenidyly, Almaty: TOO «Asyl Kitap» (Baspa yji), 2021. S. 99—102.
3. Budyko M.I. Evolyuciya biosfery. L.: Gidrometeoizdat, 1984. 488 s.
4. Vavilov N.I. Selekcija kak nauka // Izbrannye trudy. Leningrad. T. 1. 1967. S. 328—343.



5. Gorbatenko, L.E. N.I. Vavilov — osnovopolozhnik teorii introdukcii rastenij. Trudy po prikladnoj botanike, genetike i selekcii. SPb.: VIR, 2007. T. 164. S. 34–49.
6. GOST 10857-64. Semena maslichnye. Metody opredeleniya maslichnosti. Prinyat 22 aprelya 1964 g.
7. GOST 30623-98. Masla rastitel'nye i margarinovaya produkcija Metod obnaruzheniya fal'sifikacii. Prinyat 1 yanvarya 2000 g. 18 s.
8. Guzhov Yu.L., Fuks A., Valichek P. Selekcija i semenovodstvo kul'turnyh rastenij. M: Mir, 2003. 539 s.
9. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoj obrabotki rezul'tatov issledovanij). M.: Agropromizdat, 1985. 351 s.
10. Ermakov A.I., Popov E.V. Selekcija podsolnechnika dlya uluchsheniya tekhnologicheskikh svojstv pishchevyh produktov i masla. Trudy prikladnoj botaniki, genetiki i selekcii. 1972. Tom. 3. S. 171–172.
11. Ivanenko A.S., Kulyasova O.A. Agroklimaticheskie usloviya Tyumenskoj oblasti. Tyumen': TGSHA, 2008. 206 s.
12. Kshnikatkina A.N., Prahova T.Ya., Shchanin A.A. Produktivnost' i kachestvo okraski sortov saflora v usloviyah Srednego Povolzh'ya // Niva Povolzh'ya. 2019. № 1 (50). S. 2–7.
13. Medeubaev R.M. Saflor: sdelano mnogo, no est' problemy. Agrarnyj sektor. 2014. № 1(19). S. 66–68.
14. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skohozyajstvennyh kul'tur / Pod obshch. red. M.A. Fedina. M.: Sel'hozizdat, 1983. 183 s.
15. Norov M.S. Saflor v Tadjikistane. Dushanbe: Humo, 2005. 183 s.
16. Pogoda i klimat. [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <http://www.pogodaiklimat.ru/> (data obrashcheniya: 19.11.2022).
17. Selyaninov G.T. K metodike sel'skohozyajstvennoj klimatoigrafii // Trudy po sel'skohozyajstvennoj meteorologii. 1930. № 2. Vyp. 22. S. 45–91.
18. Temirbekova S.K., Afanas'eva Yu.V., Kulikov I.M. Introdukcija saflora (*Carthamus Tinctorius* L.) v Central'nyj rajon Nechernozemnoj zony: monografiya. M.: FGBNU FNC Sadovodstvo, 2020. 152 s.
19. Temirbekova S.K., Afanas'eva Yu.V., Kulikov I.M. i dr. Oso-bennosti vyrashchivaniya maslichnoj kul'tury — saflora v kontrastnyh pochvenno-klimaticheskikh usloviyah // Vestnik rossijskoj agrarnoj nauki. 2018. № 2. S. 31–37.
20. Temirbekova S.K., Kulikov I.M., Ionova N.E. i dr. Perspektivy ispol'zovaniya novogo sorta saflora krasil'nogo Krasa Stupinskaya // Ovoshchi Rossii. 2013. № 4 (21). S. 63–64.
21. Temirbekova S.K., Afanas'eva Yu.V., Kurilo A.A. i dr. Adaptivnaya tekhnologiya vozdel'vaniya sorta saflora maslichnoj kul'tury Krasa Stupinskaya v bioorganicheskom sel'skom hozyajstve: rekomendacii. M.: Agrorus, 2016. 64 s.
22. Hohryakov M.K., Dobrozrakova T.L., Stepanov K.M., Letova M.F. Opredelitel' boleznej rastenij. 3-e izd., izd. SPb.: Lan', 2003. 592 s.
23. Shevchenko S.N., Zubkov V.V. Ryzhik ozimyj i saflor krasil'nyj — «novye» maslichnye kul'tury (Elektronnyj resurs). 2011. Elektr. dan. <http://agropost.ru>. (Data obrashcheniya — 11.01.2011).
24. Coste S., Baraloto C., Leroy C. et al. Assessing foliar chlorophyll contents with the SPAD-502 chlorophyll meter: A calibration test with thirteen tree species of tropical rainforest in French Guiana. *Ann Forest Sci* 67. 2010. 607611.

*Поступила в редакцию 30.04.2024*

*Принята к публикации 14.05.2024*

## ВИДОВОЙ СОСТАВ СОРНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ В РАЗЛИЧНЫХ СЕВООБОРОТАХ РЕСПУБЛИКИ МАРИЙ ЭЛ

Сергей Анатольевич Замятин, кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID: 0000-0002-3999-9179

Рансия Болеславовна Максимова, научный сотрудник, ORCID: 0000-0002-0324-8525

Марийский научно-исследовательский институт сельского хозяйства — филиал ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого», п. Руэм, Республика Марий Эл, Россия

E-mail: zamyatin.ser@mail.ru

**Аннотация.** В статье представлены результаты многолетних опытов по определению видового состава сорной растительности, установлена динамика засоренности на посевах сельскохозяйственных культур в различных севооборотах. Для того, чтобы выработать рациональные меры борьбы с сорными растениями были изучены их видовой и количественный состав. Опыт проводили на поле Марийского НИИСХ — филиала ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, заложенном в 1996 и 1998 годах. Длительность — четыре ротации шестипольных севооборотов. Почва — дерново-подзолистая среднесуглинистая. Цель работы — определить видовой состав сорных растений в севооборотах, выявить влияние культур севооборотов, проследить динамику засоренности посевов. На долю малолетних сорняков приходится 26 видов, многолетних — 10. Минимальное количество сорной растительности отмечено в III плодосменном севообороте (среднее по годам — 49,55 шт./м<sup>2</sup>), максимальное — в зернотравяном (61,15 шт./м<sup>2</sup>). По фактору В во все годы исследований по малолетним сорнякам наименьшая засоренность была в вариантах без удобрений — 45,63 шт./м<sup>2</sup>, с  $N_{60}P_{60}K_{60}$  — 50,04 шт./м<sup>2</sup>, что на 9,6% больше. Увеличение численности происходит в результате улучшения условий питания.

**Ключевые слова:** севооборот, засоренность, видовой состав сорняков, малолетние и многолетние сорняки

## SPECIES COMPOSITION OF WEEDS IN VARIOUS CROP ROTATIONS OF THE MARI EL REPUBLIC

S.A. Zamyatin, PhD in Agricultural Sciences

R.B. Maksimova, Researcher

Mari Agricultural Research Institute — Branch of Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky, Ruem, Mari El Republic, Russia

E-mail: zamyatin.ser@mail.ru

**Abstract.** The article presents the results of long-term experiments to determine the species composition of weed vegetation, the dynamics of weeds on crops in various crop rotations is established. In order to develop rational measures to control weeds, their species and quantitative composition were studied. The experiment was carried out on the field of the Mari Research Institute of Agricultural Sciences, a branch of the Federal State Budgetary Educational Institution of the North-East, founded in 1996 and 1998. The duration is four rotations of six-field crop rotations. The soil is sod-podzolic medium loamy. The purpose of the work is to determine the species composition of weeds in crop rotations, to identify the influence of crop rotations, to trace the dynamics of crop contamination. The share of juvenile weeds accounts for 26 species, perennial — 10. The minimum amount of weed vegetation was noted in the III fruit-bearing crop rotation (average over the years — 49.55 pcs/m<sup>2</sup>), the maximum — in the grassy (61.15 pcs/m<sup>2</sup>). According to factor B, in all years of research on juvenile weeds, the lowest

**Keywords:** crop rotation, weeds, species composition of weeds, young and perennial weeds

Возделывание сельскохозяйственных культур всегда сопровождается появлением сорных растений, борьба с которыми остается актуальной во все времена. Применяют различные методы — агротехнические, биологические и химические, однако ни один из них в отдельности не может полностью решить проблему засоренности. [1]

Сорняки причиняют огромный вред сельскохозяйственным посевам. На полях, засоренных сорняками, затрудняется уход за культурными растениями и уборка урожая, что приводит к дополнительным материальным затратам. Сорная растительность потребляет из почвы влагу, питательные вещества, снижает температуру почвы и замедляет микробиологические процессы у культурных растений. Большой вред от расходования воды на создание биомассы сорняков культурные посевы ощущают в засушливые годы. [2–4]

Сорняки очень быстро распространяются. [5–7] В условиях хронического дефицита органических удобрений для воспроизводства плодородия почвы

во многих хозяйствах на поле оставляют солому, возделывают культуры на зеленое удобрение на пару и пожнивно, расширяют площади многолетних бобовых трав в полевом севообороте. Все эти мероприятия помогают распространяться сорным растениям. Очень важный фактор в воспроизводстве плодородия почвы и борьбе с засоренностью посевов — правильно построенный севооборот, одна из основных функций, выполняемых севооборотом — фитосанитарная. [8, 9] По результатам исследований Мичуринского ГАУ, правильно составленный севооборот снижает общую засоренность культур сплошного сева в 3...5, а пропашных — 2 раза, подавляет наиболее опасные многолетние корнеотпрысковые сорняки. [10, 11] Биологические особенности полевых сорняков — приспособление к механическому повреждению при обработке почвы, образование большого количества семян, высокая выживаемость при постоянном уничтожении. [12]

Мониторинг сорной растительности необходим для прогнозирования распространения наиболее вре-

доносных сорняков в севооборотах. Фитосанитарное состояние посевов сельскохозяйственных культур изучено недостаточно и для большей их части характерна средняя и повышенная степень засоренности.

Цель работы — определить видовой состав сорных растений в севооборотах, выявить влияние культур севооборотов на засоренность посевов.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Видовой состав сорных растений определяли в 1996–2021 годах на опытном поле Марийского НИИ-ИСХ — филиала ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока в двух закладках (1996 и 1998 годы). За время исследований прошло четыре ротации севооборотов. Схема опыта: Фактор А (вид севооборота): 1 — зернотравяной (овес + клевер, клевер первого года пользования, озимые, ви́ка/овес на зерно, яровая пшеница, ячмень); 2 — I плодосменный (вика/овес на зеленую массу, озимые, ячмень, картофель, ви́ка/овес на зерно, яровая пшеница); 3 — II плодосменный (вика/овес на зерно, яровая пшеница, картофель (навоз 80 т/га), ячмень + клевер, клевер первого года пользования, озимые); 4 — III плодосменный (ячмень + клевер, клевер первого года пользования, клевер второго года пользования, озимые, картофель, овес); Фактор В (минеральные удобрения): 1 — контроль (без удобрений — естественное плодородие), 2 —  $N_{60}P_{60}K_{60}$ . Посевы гербицидами не обрабатывали. Агротехнические меры — боронование до и после всходов бороной БИГ-3. Почва — дерново-подзолистая среднесуглинистая. Содержание гумуса — 1,72%,  $pH_{\text{сол}} = 5,67$ , Нг — 1,7 мг-экв/100 г почвы, сумма поглощенных оснований — 7,9 мг-экв/100 г почвы. Обеспеченность почвы подвижным фосфором — 270, обменным калием — 130 мг/кг. Размещение вариантов систематическое, повторность трехкратная. Общая площадь опытных делянок — 165 м<sup>2</sup>. Учеты и наблюдения проводили общепринятыми методами по Б.А. Доспехову. [13] Исследования сопровождались изучением факторов внешней среды, биометрическими измерениями, агрохимическими анализами почвы и растений. Агротехника общепринятая для условий

Республики Марий Эл. Засоренность полевых агроценозов определяли один раз количественным методом: зерновые и зернобобовые культуры — в фазе молочной спелости, картофель — смыкания ботвы, клевер и однолетние травы — цветения, с использованием рамки площадью 0,25 м<sup>2</sup> в четырехкратной повторности. [14] Вместе с количеством сорных растений учитывали их видовой и агробиологический состав. Данные результатов исследований математически обрабатывали методом дисперсионного анализа. [13]

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Наибольшее влияние на засоренность посевов оказывают питательные вещества в почве и удобрения. В разные периоды вегетации взаимоотношения культурных растений и сорняков имели специфические особенности и зависели от характера формирования агроценоза в начальные и последующие этапы развития, и прежде всего, от интенсивности нарастания их биомассы, а также гидротермических условий. Относительно неблагоприятными были 2002, 2009, 2010, 2014, 2016, 2018 и 2021 годы, гидротермический коэффициент (ГТК) за вегетационный период составил соответственно — 0,56, 0,77, 0,37, 0,84, 0,56, 0,87 и 0,84. Относительно влажные — 2000, 2003, 2006, 2008, 2017 и 2020 годы (ГТК — 1,73, 1,64, 1,48, 1,71, 1,85 и 1,86 соответственно). Но в целом погодные условия были удовлетворительными для роста и развития полевых культур в севооборотах.

Массовое появление сорной растительности в посевах наблюдали в фазе кушения растений. Видовая насыщенность увеличилась из-за малолетних видов, преобладали яровые поздние. Основная масса сорняков за годы исследований: малолетние — куриное просо и амарантовые (марь белая), многолетние — осот желтый и хвощ полевой. Минимальное количество сорняков отмечено в III плодосменном севообороте (в среднем — 49,55 шт. м<sup>2</sup>), максимальное в зернотравяном — 61,15 шт./м<sup>2</sup> (табл. 1). В III плодосменном севообороте, исходя из общего количества сорняков и численности растений различных биологических

Таблица 1.

Количество сорняков и структура сорно-полевого сообщества в зависимости от севооборота, в среднем за четыре ротации, 1996–2021 годы

| Биологическая группа сорных растений | Количество сорняков, шт./м <sup>2</sup> |       |       |       | Доля общего количества сорняков, % |      |      |      |
|--------------------------------------|-----------------------------------------|-------|-------|-------|------------------------------------|------|------|------|
|                                      | Зернотравяной                           | I     | II    | III   | Зернотравяной                      | I    | II   | III  |
| Всего                                | 61,15                                   | 57,85 | 59,40 | 49,55 | 100                                | 100  | 100  | 100  |
| Малолетние                           | 51,38                                   | 48,16 | 49,79 | 42,00 | 84,0                               | 83,2 | 83,8 | 84,8 |
| из них эфемеры                       | 0,47                                    | 1,14  | 2,53  | 1,68  | 0,8                                | 2,0  | 4,3  | 3,4  |
| яровые                               | 43,74                                   | 42,13 | 42,95 | 33,75 | 71,5                               | 72,8 | 72,3 | 68,1 |
| в том числе ранние                   | 6,95                                    | 6,43  | 7,46  | 6,59  | 11,4                               | 11,1 | 12,6 | 13,3 |
| поздние                              | 36,79                                   | 35,70 | 35,49 | 27,16 | 60,2                               | 61,7 | 59,7 | 54,8 |
| зимующие                             | 6,77                                    | 4,38  | 4,26  | 5,92  | 11,1                               | 7,6  | 7,2  | 11,9 |
| двулетние                            | 0,40                                    | 0,52  | 0,05  | 0,66  | 0,6                                | 0,9  | 0,1  | 1,3  |
| Многолетние                          | 9,77                                    | 9,70  | 9,62  | 7,55  | 16,0                               | 16,8 | 16,2 | 15,2 |
| стержнекорневые                      | 0,53                                    | 0,32  | 0,39  | 0,43  | 0,9                                | 0,6  | 0,6  | 0,9  |
| корневищные                          | 2,98                                    | 3,06  | 3,19  | 2,22  | 4,9                                | 5,3  | 5,4  | 4,5  |
| мочковатокорневые                    | 0,39                                    | 0,34  | 0,32  | 0,33  | 0,6                                | 0,6  | 0,5  | 0,7  |
| корнеотпрысковые                     | 5,88                                    | 5,97  | 5,72  | 4,57  | 9,6                                | 10,3 | 9,6  | 9,2  |

групп, складывалась благоприятная гербологическая обстановка.

Исследования показали, что полевые севообороты повлияли на динамику численности сорной растительности на посевах (табл. 2). Если в первую ротацию их было 23 вида, то в четвертой увеличилось до 36. Кроме того, в опыте замечены торица полевая, сушеница топяная и незабудка мелкоцветковая, которые в наших исследованиях не попали в площадь рамки. На долю малолетних сорняков приходится 26 видов,

Таблица 2.  
Динамика засоренности посевов в севооборотах (1996–2021 годы), шт./м<sup>2</sup>

| Вид                         | Ротация |        |        |           | Среднее |
|-----------------------------|---------|--------|--------|-----------|---------|
|                             | первая  | вторая | третья | четвертая |         |
| Малолетние                  |         |        |        |           |         |
| Звездчатка средняя          | 0,61    | 1,34   | 2,75   | 1,10      | 1,45    |
| Горец вьюнковый             | 0,49    | 0,40   | 0,75   | 0,79      | 0,61    |
| Горец шероховатый           | 0,17    | 1,89   | 1,09   | 0,46      | 0,90    |
| Горец птичий                | 0,02    | 0,00   | 1,10   | 0,67      | 0,45    |
| Дымянка аптечная            | 1,50    | 2,08   | 1,69   | 2,08      | 1,84    |
| Пикульник обыкновенный      | 1,99    | 2,17   | 1,07   | 0,56      | 1,45    |
| Пикульник красивый          | 0,46    | 0,76   | 0,25   | 0,04      | 0,38    |
| Подмаренник цепкий          | 1,43    | 1,89   | 1,33   | 0,30      | 1,24    |
| Торица полевая              | 0,00    | 0,00   | 0,00   | 0,00      | 0,00    |
| Вероника изящная            | 0,00    | 0,00   | 0,19   | 0,46      | 0,16    |
| Марь белая                  | 12,35   | 18,89  | 25,88  | 21,42     | 19,63   |
| Просо куриное               | 7,04    | 13,41  | 18,20  | 17,06     | 13,93   |
| Сушеница топяная            | 0,01    | 0,00   | 0,00   | 0,00      | 0,00    |
| Щирица запрокинутая         | 0,11    | 0,00   | 0,08   | 0,04      | 0,06    |
| Аистник цикutowый           | 0,00    | 0,00   | 0,05   | 0,38      | 0,11    |
| Василек синий               | 1,57    | 1,55   | 1,45   | 0,50      | 1,27    |
| Качим постенный             | 0,00    | 0,00   | 0,00   | 0,54      | 0,14    |
| Мелкопестник канадский      | 0,00    | 0,00   | 0,67   | 2,03      | 0,67    |
| Метлица обыкновенная        | 1,76    | 2,59   | 1,10   | 0,35      | 1,45    |
| Незабудка мелкоцветковая    | 0,00    | 0,00   | 0,00   | 0,00      | 0,00    |
| Пастушья сумка обыкновенная | 0,02    | 0,00   | 0,11   | 0,16      | 0,07    |
| Ромашка непахучая           | 0,50    | 0,57   | 0,64   | 1,20      | 0,73    |
| Скерда кровельная           | 0,00    | 0,16   | 0,24   | 0,19      | 0,15    |
| Ярутка полевая              | 0,57    | 1,10   | 0,53   | 0,10      | 0,58    |
| Проломник нитевидный        | 0,00    | 0,00   | 0,00   | 0,68      | 0,17    |
| Фиалка полевая              | 0,00    | 0,00   | 0,57   | 1,05      | 0,41    |
| Сумма                       | 30,61   | 48,79  | 59,75  | 52,17     | 47,83   |
| Многолетние                 |         |        |        |           |         |
| Одуванчик лекарственный     | 0,66    | 0,40   | 0,24   | 0,09      | 0,35    |
| Полынь обыкновенная         | 0,00    | 0,00   | 0,06   | 0,22      | 0,07    |
| Хвощ полевой                | 1,54    | 2,07   | 2,31   | 2,91      | 2,21    |
| Чистец болотный             | 0,00    | 0,00   | 0,55   | 2,04      | 0,65    |
| Крапива двудомная           | 0,00    | 0,00   | 0,00   | 0,02      | 0,01    |
| Подорожник большой          | 0,00    | 0,00   | 0,25   | 1,14      | 0,35    |
| Вьюнок полевой              | 0,70    | 1,05   | 1,01   | 0,64      | 0,85    |
| Бодяг полевой               | 1,50    | 1,77   | 1,16   | 0,49      | 1,23    |
| Осот желтый                 | 2,95    | 3,39   | 3,75   | 3,53      | 3,40    |
| Льянка обыкновенная         | 0,02    | 0,10   | 0,00   | 0,08      | 0,05    |
| Сумма                       | 7,37    | 8,78   | 9,33   | 11,16     | 9,16    |
| ИТОГО                       | 37,98   | 57,57  | 69,08  | 63,32     | 56,99   |

многолетних – 10. Виды сорняков, входивших в сегетальное сообщество в посевах, зависели от севооборота: зернотравяной, I и III плодосменные – 32 вида, II плодосменный – 29. Во II и III плодосменных севооборотах появлялись малолетние сорняки (аистник цикutowый, качим постенный, мелкопестник канадский, пастушья сумка обыкновенная, фиалка полевая), а василек синий и метлица обыкновенная идут на убывание. В этих же севооборотах во второй и третьей ротациях среди многолетних встречались полынь обыкновенная и подорожник большой. При внесении 80 т/га навоза под картофель во II плодосменном севообороте численность малолетних яровых была самой большой. Причина этого – поступление семян с навозом и повышение плодovitости сорняков в результате улучшения условий питания. Также в этом севообороте в четвертой ротации появилась крапива двудомная.

Во все годы исследований по малолетним сорнякам наименьшая засоренность в вариантах без удобрений – 45,63 шт./м<sup>2</sup>, с N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> – 50,04 шт./м<sup>2</sup>, что на 9,6% больше, чем в контроле (НСР<sub>05</sub> – 5,55), по многолетним – на фоне естественного плодородия – 9,02 шт./м<sup>2</sup>, на удобренном – 9,30 шт./м<sup>2</sup> (НСР<sub>05</sub> – 0,64) (табл. 3).

Таким образом, мониторинг засоренности посевов в полевых севооборотах показал, что доминирующая биологическая группа среди малолетних – яровые поздние сорняки. Наибольшая засоренность малолетними сорняками в зернотравяном севообороте – 51,38 шт./м<sup>2</sup>, наименьшая в III плодосменном – 42,00 шт./м<sup>2</sup>. Из многолетних преобладали корнеотпрысковые и корневищные (осот желтый, хвощ полевой). При внесении минеральных удобрений численность сорной растительности увеличивается с улучшением условий питания: малолетние – на 4,31 шт./м<sup>2</sup>, многолетние – 0,18 шт./м<sup>2</sup> (НСР<sub>05</sub> – 0,63).

При построении севооборотов необходимо уделить внимание мероприятиям, исключающим возможность

Таблица 3.  
Влияние севооборота и агрофона на засоренность посевов в севооборотах, среднее за 1998–2021 годы

| Биологическая группа сорных растений | Количество сорняков, шт./м²                                   | НСР <sub>05</sub> |      |
|--------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-------------------|------|
| Фактор А – севооборот                |                                                               |                   |      |
| Малолетние                           | Зернотравяной                                                 | 51,38             | 7,58 |
|                                      | I плодосменный                                                | 48,16             |      |
|                                      | II плодосменный                                               | 49,79             |      |
|                                      | III плодосменный                                              | 42,00             |      |
| Многолетние                          | Зернотравяной                                                 | 9,77              | 1,28 |
|                                      | I плодосменный                                                | 9,70              |      |
|                                      | II плодосменный                                               | 9,62              |      |
|                                      | III плодосменный                                              | 7,55              |      |
| Фактор В – удобрения                 |                                                               |                   |      |
| Малолетние                           | Без удобрения                                                 | 45,63             | 5,50 |
|                                      | N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>               | 50,04             |      |
| Многолетние                          | Без удобрения                                                 | 9,02              | 0,63 |
|                                      | N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>               | 9,30              |      |
| Малолетние                           | НСР <sub>05</sub> частных различий – 11,50; фактора АВ – 9,84 |                   |      |
| Многолетние                          | НСР <sub>05</sub> частных различий – 3,29; фактора АВ – 2,88  |                   |      |

попадания сорняков на поля, прежде всего, очистке семенного материала (особенно зерновых культур), обкашиванию обочин полей, внесению только перепревшего навоза. Сроки, способы сева с учетом климатических условий, нормы высева и всхожесть семян также влияют на конкурентную борьбу между сорными и культурными растениями.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Азизов З.М., Архипов В.В., Имашев И.Г. Эффективность производства зерна в севооборотах засушливой степи Нижнего Поволжья // *Аграрный научный журнал*. 2021. № 2. С. 4–8. <https://doi.org/10/28983/asj/y2021i2pp4-8>
2. Борин А.А., Лощина А.Э. Обработка почвы и сорняки // *Защита и карантин растений*. 2016. № 7. С. 36–38.
3. Борисова Е.Е. Влияние предшественников на засоренность и урожайность яровой пшеницы // *Вестник НГИ-ЭИ*. 2011. № 2 (3). С. 55–74.
4. Васильев И.П., Туликов А.М., Баздырев Г.И. Практикум по земледелию. М: Колос, 2004. 424 с.
5. Доспехов Б.А. Методы полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Изд-е 5-е, доп. и перераб. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
6. Дридигер В.К., Стукалов Р.С., Гаджиумаров Р.Г. Экономическая эффективность севооборотов при возделывании полевых культур без обработки почвы // *Сельскохозяйственный журнал*. 2019. № 4(12). С. 6–12. <https://doi.org/10.25930/0372-3054/001.4.12.2019>
7. Замятин С.А., Ефимова А.Ю., Максуткин С.А. Сорные растения полевых севооборотов // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2018. Т. 66. № 5. С. 98–103. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2018.66.5.98-103>
8. Носкова Е.Н., Козлова Л.М., Попов Ф.А. Светлакова Е.В. Влияние способов обработки почвы и видов удобрений на агрофизические свойства почвы, засоренность посевов и урожайность ячменя // *Таврический вестник аграрной науки*. 2022. № 3 (31). С. 148–158. EDN: URZDYV.
9. Плаксина В.С., Асташов А.А., Пронудин К.А. Засоренность посевов в короткоротационных севооборотах с широким ассортиментом культур // *Успехи современного естествознания*. 2022. № 12. С. 15–20. <https://doi.org/10.17513/use.37944>
10. Плужникова И.И., Кriuшин Н.В., Бакулова И.В. Влияние протравителя и минеральных удобрений на засоренность посевов и пораженность болезнями растений конопли посевной // *Аграрный научный журнал*. 2021. № 11. С. 42–46. DOI: <https://doi.org/10/28983/asj/y2021i11pp42-46>
11. Полевщиков С.И. Засоренность посевов в специализированных севооборотах и при монокультуре // *Сахарная свекла*. 2006. № 1. С. 32–34.
12. Рендов Н.А., Некрасова Е.В., Мозылева С.И., Лутченкова А.А. Эффективность зернопарового севооборота с чистым химическим паром // *Вестник Омского государственного аграрного университета*. 2020. № 1 (37). С. 60–65.
13. Савельев В.А. Сорные растения и меры борьбы с ними. Учебное пособие. СПб.: Лань, 2022. 296 с.
14. Тулькубаева С.А., Тулаев Ю.В., Сомова С.В., Выходцев В.А. Влияние полевых севооборотов на засоренность посевов в условиях Костанайской области // *Аграрный научный журнал*. 2023. № 2. С. 67–74. <https://doi.org/10.28983/asj/y2022i2pp67-74>

#### REFERENCES

1. Azizov Z.M., Arhipov V.V., Imashev I.G. Effektivnost' proizvodstva zerna v sevooborotah zasushlivoj stepi Nizhnego Povolzh'ya // *Agrarnyj nauchnyj zhurnal*. 2021. № 2. S. 4–8. <https://doi.org/10/28983/asj/y2021i2pp4-8>
2. Borin A.A., Loshchina A.E. Obrabotka pochvy i sornyki // *Zashchita i karantin rastenij*. 2016. № 7. S. 36–38.
3. Borisova E.E. Vliyanie predshestvennikov na zasorennost' i urozhajnost' yarovoj pshenicy // *Vestnik NGIEI*. 2011. № 2 (3). S. 55–74.
4. Vasil'ev I.P., Tulikov A.M., Bazdyrev G.I. Praktikum po zemledeliyu. M: Kolos, 2004. 424 s.
5. Dospekhov B.A. Metody polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovanij). Izd-e 5-e, dop. i pererab. M.: Agropromizdat, 1985. 351 s.
6. Dridiger V.K., Stukalov R.S., Gadzhiumarov R.G. Ekonomicheskaya effektivnost' sevooborotov pri vozdeleyvanii polevykh kul'tur bez obrabotki pochvy // *Sel'skohozyajstvennyj zhurnal*. 2019. № 4(12). S. 6–12. <https://doi.org/10.25930/0372-3054/001.4.12.2019>
7. Zamyatin S.A., Efimova A.Yu., Maksutkin S.A. Sornye rasteniya polevykh sevooborotov // *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka*. 2018. T. 66. № 5. S. 98–103. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2018.66.5.98-103>
8. Noskova E.N., Kozlova L.M., Popov F.A. Svetlakova E.V. Vliyanie sposobov obrabotki pochvy i vidov udobrenij na agrofizicheskie svoystva pochvy, zasorennost' posevov i urozhajnost' yachmenya // *Tavrisheskij vestnik agrarnoj nauki*. 2022. № 3 (31). S. 148–158. EDN: URZDYV.
9. Plaksina V.S., Astashov A.A., Pronudin K.A. Zasorennost' posevov v korotkorotacionnykh sevooborotah s shirokim assortimentom kul'tur // *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya*. 2022. № 12. S. 15–20. <https://doi.org/10.17513/use.37944>
10. Pluzhnikova I.I., Kriuшин N.V., Bakulova I.V. Vliyanie protavitelya i mineral'nykh udobrenij na zasoryonnost' posevov i porazhennost' boleznyami rastenij konopli posevnoj // *Agrarnyj nauchnyj zhurnal*. 2021. № 11. S. 42–46. DOI: <https://doi.org/10/28983/asj/y2021i11pp42-46>
11. Polevshchikov S.I. Zasorennost' posevov v specializirovannykh sevooborotah i pri monokul'ture // *Saharnaya svekla*. 2006. № 1. S. 32–34.
12. Rendov N.A., Nekrasova E.V., Mozyleva S.I., Lutchenkova A.A. Effektivnost' zernoparovogo sevooborota s chistym himicheskim parom // *Vestnik Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2020. № 1 (37). S. 60–65.
13. Savel'ev V.A. Sornye rasteniya i mery bor'by s nimi. Uchebnoe posobie. SPb.: Lan', 2022. 296 s.
14. Tul'kubaeva S.A., Tulaev Yu.V., Somova S.V., Vyhodcev V.A. Vliyanie polevykh sevooborotov na zasorennost' posevov v usloviyah Kostanajskoj oblasti // *Agrarnyj nauchnyj zhurnal*. 2023. № 2. S. 67–74. <https://doi.org/10.28983/asj/y2022i2pp67-74>

Поступила в редакцию 14.03.2024

Принята к публикации 28.03.2024

## ВЛИЯНИЕ ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ НА ПОКАЗАТЕЛИ КОЛИЧЕСТВА И КАЧЕСТВА СТОЛОВЫХ СОРТОВ ВИНОГРАДА В УСЛОВИЯХ АПСШЕРОНСКОГО ПОЛУОСТРОВА

Вугар Сулейман оглу Салимов<sup>1</sup>, доктор сельскохозяйственных наук, доцент  
Ирина Владимировна Грехова<sup>2</sup>, доктор биологических наук, профессор  
Рауф Айдын оглу Асадуллаев<sup>1</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент  
Валентина Юрьевна Грехова<sup>2</sup>  
Мовлуд Арастун оглу Гусейнов<sup>3</sup>, кандидат технических наук, доцент  
Эльнура Вагиф кызы Мусаева<sup>1</sup>

<sup>1</sup>НИИ Виноградарства и Виноделия МСХ Азербайджанской Республики, пос. Мехтиабат, Апшеронский р-н, Азербайджан

<sup>2</sup>Государственный Аграрный Университет Северного Зауралья, г. Тюмень, Россия

<sup>3</sup>Азербайджанский Государственный Университет Экономики, г. Баку, Азербайджан

E-mail: asadullayevrauf@gmail.com

**Аннотация.** Гуматы применяют в виноградарстве, в том числе экологическом. Они благоприятно влияют на качественные и количественные показатели урожая, позволяют уменьшить применение синтетических удобрений и пестицидов. В статье приведены результаты испытаний по внекорневому использованию различных доз (0,5, 1,0 и 1,5 л/га) препарата Росток в условиях Апшеронской зоны Азербайджана на местных сортах столового винограда (Табризи — традиционный, Гянджеви — селекции АЗНИИВиВ), выращиваемых в Ампеографической коллекции института, расположенной на Апшеронском полуострове. Под воздействием препарата выросли сила роста побегов, количество раскрывшихся глазков, плодородных побегов, число ягод в грозди, масса грозди, а также сахаристость сока. Внесение удобрения положительно повлияло на устранение признаков хлороза листьев. Токсичного действия на вегетативные органы виноградного растения, его развития и полезную энтомофауну виноградника не отмечено. На основе полученных данных и расчета экономической эффективности для широкого применения в хозяйствах было рекомендовано четырехкратное (два раза до цветения, и по разу после и в период роста ягод) использование удобрения (1 л/га).

**Ключевые слова:** Апшеронский полуостров, гуминовые кислоты, сорта винограда, внекорневое внесение, эффективность

## THE HUMIC ACIDS INFLUENCE ON THE QUANTITY AND QUALITY OF TABLE GRAPE VARIETIES UNDER THE ABSHERON PENINSULA CONDITIONS

V.S. Salimov<sup>1</sup>, *Grand PhD Agricultural Sciences, Associate Professor*  
I.V. Grekhova<sup>2</sup>, *Grand PhD in Biological Sciences, Professor*  
R.A. Asadullaev<sup>1</sup>, *PhD in Agricultural Sciences, Associated Professor*  
V.Yu. Grekhova<sup>2</sup>  
M.A. Huseynov<sup>3</sup>, *PhD in Engineering Sciences, Associate Professor*  
E.V. Musaeva<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Scientific Research Institute of Viticulture and Wine-making under the Ministry of Agriculture of the Republic of Azerbaijan, Mehdiabad village, Absheron district, Azerbaijan

<sup>2</sup>State Agrarian University of the Northern Trans-Urals, Tyumen, Russia

<sup>3</sup>Azerbaijani State University of Economics, Baku, Azerbaijan

E-mail: asadullayevrauf@gmail.com

**Abstract.** Humates are widely used in viticulture, including ecological viticulture. Humic stuffs benefit the qualitative and quantitative indicators of the grape harvest and can reduce the use of synthetic fertilizers and pesticides. This article presents the results of tests on the foliar application of various doses of the "Rostok" fertilizer in the conditions of the Absheron zone of Azerbaijan on local varieties of table grapes — traditional Tabrizi and a selection variety of Scientific Research Institute of Viticulture and Wine-making Ganjavi, grown in the Ampelographic collection of the institute, located on the Absheron peninsula. Fertilizer was applied in three doses — 0.5; 1.0 and 1.5 liter per hectare. Under the influence of the fertilizer, such elements of yield as the vigor of shoot growth, the number of opened buds, fruitful shoots, the number of berries in a bunch, the weight of a bunch, as well as the sugar content of berry juice increased. Fertilizer application had a positive effect on eliminating signs of leaf chlorosis. No toxic effect on the vegetative organs of the grape plant, on its development, or on the beneficial insect fauna of the vineyard was noted. Based on the data obtained, as well as calculations of economic efficiency, a four-fold application of fertilizer (twice before flowering, once after, once during veraison) at the rate of 1 liter per hectare was recommended for widespread use in wine-growing farms.

**Keywords:** Apsheron peninsula, humic acids, grape varieties, foliar application, efficiency

Виноград — растение, чувствительное к почвенно-климатическим условиям места произрастания. Даже малейшие изменения влияют на его качество, содержание сахара и органолептические характеристики вина. Применение гуминовых веществ способствует биологически активному воздействию на растения, стимулируя рост и развитие, противодействуя био-

и абиотическим стрессам, повышая продуктивность производства. После внесения удобрений питательные вещества закрепляются в почве с помощью углеродных компонентов, гуминовых и фульвокислот, и остаются там надолго. Чтобы решить проблему плодородия почвы и для борьбы с эрозией в виноградарстве, рекомендуется накапливать гумус или поддерживать его.

Исследования показывают, что связь между органическим веществом почвы, гумусовыми веществами и ее структурой значительно улучшается из-за выращивания травы в междурядьях винограда. [3, 18] Ю.С. Поволоцкая предлагает классификацию гуминовых препаратов по выполняемым функциям и источникам сырья. [3] Основное направление их использования в сельском хозяйстве — увеличение урожайности и повышение качества. Распыление на крону куста сорта *Альфонс Лавалле* гуминовых удобрений значительно увеличило силу роста побегов и массу гроздей, а также сопротивление на отрыв от плодоножки и разрыв кожицы ягоды. Отмечается перспективность этих препаратов для поддержки развития и повышения урожайности виноградного растения в континентальном климате, где существуют риски заморозков и деградации почвы. [15] На примере сорта *Ягюти* подчеркивают роль биостимуляторов в регулировании реакции виноградной лозы на засуху, предполагая, что они участвуют в физиологической и биохимической деятельности. [13] Препараты содержащие гуминовые кислоты в насаждениях технических сортов винограда *Алиготе* и *Ркацители*, помимо роста урожайности, помогали увеличивать массовую концентрацию сахаров в соке ягоды, что отразилось на дегустационной оценке виноматериалов. [7] Положительное воздействие гуминовых препаратов на силу роста и вызреваемость побегов винограда подмечено учеными М.А. Тихоновым и Г.Р. Мурсалимовым. [5]

Г. Ferrara и G. Brunetti [11] на примере сорта *Италия* изучали влияние внесормовой подкормки гуминовыми кислотами на силу роста, урожайность и технологические показатели винограда. Лозы, обработанные ими, продемонстрировали значительное увеличение общего содержания хлорофилла. Заметно снизилась титруемая кислотность и увеличивалось соотношение °Brix/кислотность. Изучена реакция сорта *Италия* по срокам внесения препарата. [10] В период полного цветения увеличивается размер и масса ягод, улучшаются технологические показатели качества (титруемая кислотность и °Brix/титруемая кислотность), что может найти положительное применение в органическом и устойчивом виноградарстве. Сорта по-разному реагировали на обработку удобрением, но всегда был положительный эффект. [9, 17]

В литературе встречается информация об использовании гуминовых препаратов при подготовке посадочного материала винограда. Обработка виноградных черенков растворами гуматов перед посадкой помогают срастанию подвоя и привоя. [6] Замачивание в растворе гумата калия стимулирует образование корней, рост побегов и увеличение выхода из школки стандартных саженцев. [4]

Снижение пестицидной нагрузки из-за внесения химических удобрений и проведения мер по защите растений — одна из наиболее актуальных задач, стоящих перед виноградарями. Основываясь на способности гуминовых кислот при четырехкратном применении улучшить показатели урожайности и качества столового винограда (на примере сорта *Супериор Сидлис*), возможно использовать органические продукты (гуминовые кислоты) в качестве альтернативы химическим удобрениям. [12] Биостимуляторы, в том числе гуминовые вещества, безвредны для экологии и здоровья человека, что очень важно. [14, 19] Биостимулято-

ры способны защитить растения от последствий изменения климата (засуха, тепловой стресс), но требуется более тщательное изучение механизмов действия этих продуктов, чтобы обеспечить выбор подходящих препаратов, методов применения и дозировки. Использование экстрактов гуминовых веществ помогает защите и росту виноградных кустов без нанесения вреда экологии, товарности винограда, придавая продукту более высокую ценность. Результаты свидетельствуют о возможности хотя бы частичной замены традиционных фунгицидов, что делает виноградарство более устойчивым с точки зрения защиты почвы и биоразнообразия. [8]

Цель работы — определить влияние препарата Росток на общее развитие винограда и разработать регламент применения, оптимальные дозы внесения с учетом экономической эффективности.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в Ампелографической Коллекции Азербайджанского НИИ виноградарства и виноделия, расположенной на территории Апшеронского полуострова.

Почвы в основном песчаные, известковые, наиболее распространены засоленные серо-бурые. Они отличаются между собой только по степени засоленности, содержание гумуса относительно высокое только на расположенных вдоль Апшеронского канала.

Климат полуострова сухой субтропический. Лето сухое и жаркое. Высокая летняя температура смягчается сильными северными ветрами. Зима проходит относительно умеренно, погода часто облачная, дождливая, иногда идет снег. Среднегодовая температура — 13,5...14,4°C, сумма активных температур — 4192...4461°C, годовое количество общей солнечной радиации — 130...135 ккал/см<sup>2</sup>, основная ее часть (80...90 ккал/см<sup>2</sup>) приходится на жаркую половину лета. Годовое количество осадков — 200...250 мм. Самый холодный месяц года — январь (3,0...3,8°C), самая высокая температура в июле — августе (до 42°C). Безморозных дней — 308, солнечных — 220...230. Территория полуострова подвержена сильным ветрам, что наряду с улучшением у растений транспирации, приводит к высушиванию почвы.

Полевые испытания препарата Росток на винограднике проводили в марте — июне, так как именно на стадиях роста побегов и цветения для улучшения роста растений, повышения урожайности и качества продукции, виноград ощущает особую потребность в удобрениях, содержащих азот, фосфор, калий, магний, микроэлементы. Объект изучения — местные сорта винограда (*Табризи* — традиционный, *Гянджеви* — селекции Азербайджанского НИИВиВ) (табл. 1).

За вегетацию препарат Росток вносили четыре раза, с нормой расхода 0,5 (вариант 1), 1,0 (вариант 2) и 1,5 (вариант 3) л/га. С помощью агробиологических, ампелографических, экономических, непараметрических и параметрических математико-статистических методов исследовали рост, плодоношение, качество урожая. Количество раскрывшихся глазков, плодоносных и бесплодных побегов, коэффициент плодоносности, динамику развития побегов изучали по протоколам Международной организации винограда и вина. [16] Экономическую эффективность применения препара-

Таблица 1.

## Описание изучаемых сортов винограда

| Сорт            | Ботаническое описание                                                                                                                                                                                                                                                                       | Характеристика                                                                                                      |                                                                                                                                                  |
|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                             | агrobiологическая                                                                                                   | технологическая                                                                                                                                  |
| <i>Табризи</i>  | Однолетние побеги красноватого цвета. Листья (16...18 см) темно-зеленые. Тип цветка обоеполюй. Грозди средней величины (9...19 × 8...10 см). Ягоды средней величины и крупные (14...22 × 12...17 мм), золотистые. Кожура прочная. Мякоть сочная. Семена крупные (7,3 мм), по 1...4 в ягоде. | Вегетационный период – 143 дня. Побеги вызревают полностью. Сила роста кустов – высокая. Урожайность – 151 ц/га.    | Столбовый сорт. Массовая концентрация сахаров в соке – 18,8 г/100 см <sup>3</sup> , титруемая кислотность – 5,1 г/дм <sup>3</sup> .              |
| <i>Гянджеви</i> | Однолетние побеги светло-коричневого цвета. Листья (16...20 × 15...18 см) светло-зеленые. Тип цветка обоеполюй. Грозди крупные (16...22 × 9...12 см). Ягоды крупные (17...21 × 15...19 мм) светло-зеленые. Кожура прочная. Мякоть сочная. Семена среднекрупные (5,3 мм), по в 2...3 ягоде.  | Вегетационный период – 156...164 дня. Побеги вызревают на 93%. Сила роста кустов – высокая. Урожайность – 159 ц/га. | Универсальный сорт. Массовая концентрация сахаров в соке – 18...19 г/100 см <sup>3</sup> , титруемая кислотность – 5,8...6,0 г/дм <sup>3</sup> . |

рата рассчитывали по урожайности, общей себестоимости, прочих расходов на опрыскивание, прибыли и процента рентабельности. [1] Хозяйственную эффективность вычисляли по формуле:  $D_y = Y_p - Y_k$ , где:  $D_y$  – дополнительный урожай от использования препарата, ц/га;  $Y_p$  – урожайность в варианте с препаратом, ц/га;  $Y_k$  – урожайность в контрольном варианте, ц/га.

Также визуально исследовали фитотоксичное и энтомотоксичное действие препарата Росток.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Состав полученного по оригинальной технологии препарата Росток представлен выделенными из низинного торфа водорастворимыми комплексными солями гуминовых кислот. [20] Полевые испытания выявили его благоприятное воздействие на рост винограда, количество и качество урожая. Росток вносили одновременно по всем вариантам как внекорневую подкормку. У сорта *Табризи* сила роста побегов колебалась от 316 (контроль) до 364 см (вариант 2), у *Гянджеви* – от 306 (контроль) до 377 см (вариант 3) (табл. 2).

У сорта *Табризи* наивысшее значение средней массы грозди отмечено в вариантах 2 и 3 – 314 и 322,5 г соответственно, что значительно превышало показатели контроля (278 г) и варианта 1 (280,3 г). У сорта *Гянджеви* ситуация схожа – наиболее высокие показатели в вариантах 2, 3 (442 и 450 г соответственно).

Внесение препарата заметно повлияло на урожайность с куста, возросшую с 8,4 до 9,4 кг (*Табризи*), и с 9,6 до 10,6 кг (*Гянджеви*), при этом вариант 3 незначительно превосходил вариант 1.

Среднее число ягод – один из основных показателей, влияющих на величину урожайности с куста. По сорту *Табризи* он колебался в пределах 138...146 шт., с наивысшим значением в варианте 3. У *Гянджеви* (вариант 2) число ягод было больше, чем в других вариантах испытаний.

Внекорневая подкормка снизила осыпаемость цветков, что привело к увеличению числа ягод в грозди. Опрыскивания в период развития ягод увеличили их массу (табл. 3).

В ходе исследований оценивали сахаристость сока ягод. У *Табризи* она менялась в пределах 21,0...23,0, *Гянджеви* – 20,4...22,0 г/100 см<sup>3</sup>, с наивысшим показателем у обоих сортов в варианте 2.

Оценивали экономическую эффективность препарата по приведенной выше методике. Показатель вычисляли по усредненному значению. Оба сорта урожайные, поэтому общая рентабельность высокая. При внесении препарата она превосходила контроль на 10...33,6% (табл. 4).

Используемая при определении экономической эффективности урожайность с 1 га – биологическая, вычисляемая по количеству развившихся соцветий на кустах и средней массе гроздей. Доход с 1 ц произве-

Таблица 2.

## Показатели урожайности на фоне препарата Росток

| Сорт            | Вариант  | Общее число глазков, шт. | Число нераскрывшихся глазков, шт. | Общее число зеленых побегов, шт. | Всего плодовых побегов, шт. | Количество, шт.      |                     |                               | Коэффициент плодородности плодовых побегов | Количество плодовых побегов, % | Сила роста куста, балл |
|-----------------|----------|--------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|----------------------|---------------------|-------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------|------------------------|
|                 |          |                          |                                   |                                  |                             | раскрывшихся глазков | плодородности куста | плодородности зеленых побегов |                                            |                                |                        |
| <i>Табризи</i>  | Контроль | 19,1                     | 3,5                               | 15,9                             | 8,8                         | 82,6                 | 0,4                 | 0,5                           | 0,9                                        | 53,2                           | 5                      |
|                 | 1        | 54,2                     | 4,7                               | 50,5                             | 42,3                        | 92,9                 | 0,8                 | 0,9                           | 1,1                                        | 84,6                           | 5                      |
|                 | 2        | 64,6                     | 4,0                               | 60,6                             | 24,4                        | 93,7                 | 0,4                 | 0,4                           | 1,2                                        | 40,6                           | 7                      |
|                 | 3        | 49,4                     | 4,0                               | 46,4                             | 18,6                        | 93,9                 | 0,4                 | 0,4                           | 1,1                                        | 40,2                           | 7                      |
| <i>Гянджеви</i> | Контроль | 25,0                     | 5,3                               | 20,6                             | 9,1                         | 78,0                 | 0,3                 | 0,4                           | 1,0                                        | 41,2                           | 5                      |
|                 | 1        | 52,3                     | 4,6                               | 47,9                             | 33,5                        | 91,3                 | 0,7                 | 0,7                           | 1,1                                        | 72,6                           | 5                      |
|                 | 2        | 57,9                     | 4,3                               | 54,6                             | 27,7                        | 94,1                 | 0,5                 | 0,5                           | 1,1                                        | 51,1                           | 9                      |
|                 | 3        | 49,6                     | 10,5                              | 43,6                             | 19,1                        | 87,7                 | 0,4                 | 0,5                           | 1,1                                        | 44,1                           | 7                      |



Таблица 3.

## Биометрические показатели и урожайность сортов винограда на фоне препарата Росток

| Сорт     | Вариант  | Сила роста куста, см | Степень вызревания побегов, % | Число гроздей, шт. | Средняя масса гроздей, г | Урожайность, кг/куст. | $\Delta\%, \bar{X}$ (рост по сравнению с контролем) | Среднее число ягод в грозди, шт. | Масса 100 ягод, г | Степень осыпания цветков, % | Количество горошащихся ягод, % | Массовая концентрация сахаров, г/100 см <sup>3</sup> |
|----------|----------|----------------------|-------------------------------|--------------------|--------------------------|-----------------------|-----------------------------------------------------|----------------------------------|-------------------|-----------------------------|--------------------------------|------------------------------------------------------|
| Табризи  | Контроль | 316                  | 89,6                          | 30                 | 278,0                    | 8,4                   | -                                                   | 138                              | 276,0             | 52,8                        | 3,6                            | 21,0                                                 |
|          | 1        | 325                  | 92,2                          | 29                 | 280,3                    | 8,8                   | 4,8                                                 | 140                              | 296,5             | 36,6                        | 2,6                            | 21,6                                                 |
|          | 2        | 364                  | 80,4                          | 28                 | 314,0                    | 9,2                   | 9,5                                                 | 134                              | 345,4             | 50,4                        | 3,2                            | 23,0                                                 |
|          | 3        | 338                  | 34,4                          | 29                 | 322,5                    | 9,3                   | 10,7                                                | 146                              | 320,6             | 45,4                        | 3,0                            | 22,4                                                 |
| Гянджеви | Контроль | 306                  | 95,4                          | 34                 | 422,6                    | 9,6                   | -                                                   | 100                              | 356,0             | 68,4                        | 2,4                            | 20,4                                                 |
|          | 1        | 318                  | 94,4                          | 36                 | 428,0                    | 9,8                   | 2,1                                                 | 123                              | 367,5             | 62,5                        | 3,4                            | 21,1                                                 |
|          | 2        | 372                  | 93,4                          | 37                 | 442,0                    | 10,2                  | 6,3                                                 | 146                              | 436,5             | 54,5                        | 1,8                            | 22,0                                                 |
|          | 3        | 377                  | 92,6                          | 37                 | 450,4                    | 10,6                  | 13,5                                                | 132                              | 398,0             | 55,2                        | 1,8                            | 21,0                                                 |

Таблица 4.

## Экономическая эффективность применения препарата Росток

| Вариант  | Общие затраты на 1 га, у.е. | Биологическая урожайность, ц/га | Себестоимость 1 ц, у.е. | Общая прибыль с 1 га, у.е. | Чистая прибыль, у.е. |         | Рентабельность, % |       |
|----------|-----------------------------|---------------------------------|-------------------------|----------------------------|----------------------|---------|-------------------|-------|
|          |                             |                                 |                         |                            | с 1 ц                | с 1 га  | общая             | рост  |
| Контроль | 1470,0                      | 200,0                           | 7,4                     | 5260                       | 19,0                 | 3260,00 | 257,0             | -     |
| 1        | 1475,0                      | 206,6                           | 7,2                     | 5440                       | 19,1                 | 3959,00 | 267,6             | +10,0 |
| 2        | 1482,0                      | 215,5                           | 6,9                     | 5670                       | 19,4                 | 4189,00 | 281,7             | +24,7 |
| 3        | 1486,0                      | 221,0                           | 6,7                     | 5820                       | 19,6                 | 4329,00 | 290,6             | +33,6 |

денного винограда, так и 1 га были выше в варианте 3, поэтому его можно считать оптимальным.

В условиях Апшеронского полуострова в конце апреля – начале мая погодные условия нестабильны, у разных сортов, особенно местных, наблюдаются хлороз, пожелтения листьев различного происхождения. Для их устранения целесообразны внекорневые подкормки с различными макро- и микроудобрениями.

Таким образом, при обработке препаратом Росток растений винограда, наряду с высокой биологической, отмечена и высокая экономическая эффективность. После внесения препарата токсичного действия на вегетативные органы и в целом на развитие растения не наблюдали. Отсутствовало отрицательное влияние на полезную энтомофауну виноградника (пчелы, божьи коровки и другие).

Следует рекомендовать использование в виноградарских хозяйствах препарат Росток, оказывающий положительное влияние на общее развитие растения и качество ягод.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Захаренко В.А. Оптимальные экономически обоснованные уровни использования пестицидов и минеральных удобрений в земледелии // Журнал Всесоюзного хим. о-ва им. Д.И. Менделеева. 1984. Т. 29. № 1. С. 15–21.
- Лукьянов А.А., Антоненко М.В., Гапоненко Ю.В., Гон-тарева Е.Н. Влияние факторов среды амеллоценоза на формирование качественных показателей вина. Научный журнал КубГАУ. 2015. № 112(08).
- Поволоцкая Ю.С. Краткий обзор гуминовых препаратов. International Journal of Humanities and Natural Sciences. 2019. Vol. 5-1. С. 37–40. <https://doi.org/10.24411/2500-1000-2019-10854>
- Радчевский П.П., Мороз С.Б., Трошин Л.П. Применение биологически активных веществ гумата при выращивании виноградного посадочного материала. Научный журнал КубГАУ. 2010. № 60(06). <http://ej.kubagro.ru/2010/06/pdf/28.pdf>
- Тихонова М.А., Мурсалимова Г.Р. Влияние гуматов и биорегуляторов на ростовые процессы винограда. Современное садоводство – Contemporary horticulture. 2018. № 1. С. 79–85. <https://doi.org/10.24411/2312-6701-2018-10112>
- Хардинова С.В., Алехина Г.П., Верхошенцева Ю.П. Влияние гуминовых препаратов на эколого-физиологические особенности саженцев винограда в условиях города Оренбурга. (Вестник Оренбургского Государственного Университета. 2017. № 8 (208). С. 99–102.
- Шепелева В.В., Каменева Н.В. Применение регуляторов роста для повышения урожайности винограда технических сортов. Плодоводство и виноградарство Юга России. 2018. № 49(01). С. 76–85. <http://journal.kubansad.ru/pdf/18/01/07.pdf>
- Cataldo E., Fucile M., Mattii G.B. Biostimulants in Viticulture: A Sustainable Approach against Biotic and Abiotic Stresses. Plants (Basel). 2022. No. 11(2). P. 162. <https://doi.org/10.3390/plants11020162>
- De Moura O., Berbara R., Torchia D. et al. Humic foliar application as sustainable technology for improving the growth, yield, and abiotic stress protection of agricultural crops. A review, Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences. 2023. Vol. 22. Issue 8. PP. 493–513. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2023.05.001>
- Ferrara G., Brunetti G. Influence of foliar applications of humic acids on yield and fruit quality of table grape cv. Italia. Journal international des sciences de la vigne et du vin. 2008. Vol. 42. No. 2 <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2008.42.2.822>
- Ferrara G., Brunetti G. Effects of the times of application of a soil humic acid on berry quality of table grape (Vitis vinifera L.)

- cv Italia. Span J Agric Res. 2010. No. 8(3). P. 817–822. <https://doi.org/10.5424/1283>
12. Ibrahim M.M., Ali A.A. Effect of Humic Acid on Productivity and Quality of Superior Seedless Grape Cultivar. Middle East J. Agric. Res. 2016. V. 5(2). P. 239–246. ISSN 2077-4605
  13. Irani H., Valizadeh Kaji B., Naeini M.R. Biostimulant-induced drought tolerance in grapevine is associated with physiological and biochemical changes. Chem. Biol. Technol. Agric. 2021. No. 8. P. 5. <https://doi.org/10.1186/s40538-020-00200-9>
  14. Jindo K., Goron T.L., Pizarro-Tobías P. et al. Application of biostimulant products and biological control agents in sustainable viticulture: A review. Frontiers in Plant Science. 2022. Vol.13. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.932311>
  15. Sabir A., Sagdic K., Sabir F.K. Vermicompost, humic acid and urea pulverizations as sustainable practices to increase grape yield and quality on the face of climatic extremities. International Journal of Agricultural and Natural Sciences. 2021. No. 14(2). P. 114–123.
  16. OIV. Descriptor list for grape varieties and Vitis species (2<sup>nd</sup> edition). 2018. <http://www.oiv.int/en/technical-standards-and-documents/description-of-grape-varieties/oiv-descriptor-list-for-grape-varieties-and-vitis-species-2nd-edition>
  17. Popescu G.C., Popescu M. Yield, berry quality and physiological response of grapevine to foliar humic acid application. Crop production and management. 2018. Bragantia 77 (2). <https://doi.org/10.1590/1678-4499.2017030>
  18. Šimanský V., Wójcik-Gront E., Horváthová J. et al. Changes in Relationships between Humic Substances and Soil Structure following Different Mineral Fertilization of Vitis vinifera L. in Slovakia. Agronomy. 2022. No. 12. 1460. <https://doi.org/10.3390/agronomy12061460>
  19. Yilmaz Y., Gazioglu Sensoy R. The Use of Biostimulants in Sustainable Viticulture. Journal of the Institute of Science and Technology. 2021. No. 11(2). P. 846–856. <https://doi.org/10.21597/jist.831987>
  20. <http://rostok72.ru/produktsiya/osobyennosti-tyekhnologii> (интернет-ресурс).
- REFERENCES**
1. Zaharenko V.A. Optimal'nye ekonomicheski obosnovannye urovni ispol'zovaniya pesticidov i mineral'nyh udobrenij v zemledelii // Zhurnal Vsesoyuznogo him. o-va im. D.I. Mendeleeva. 1984. T. 29. № 1. S. 15–21.
  2. Luk'yanov A.A., Antonenko M.V., Gaponenko Yu.V., Gontarova E.N. Vliyanie faktorov sredy ampelocenoza na formirovanie kachestvennykh pokazatelej vina. Nauchnyj zhurnal KubGAU. 2015. № 112(08).
  3. Povolockaya Yu.S. Kratkij obzor guminovykh preparatov. International Journal of Humanities and Natural Sciences. 2019. Vol. 5-1. S. 37–40. <https://doi.org/10.24411/2500-1000-2019-10854>
  4. Radchevskij P.P., Moroz S.B., Troshin L.P. Primenenie biologicheski aktivnykh veshchestv gumata pri vyrashchivanii vinogradnogo posadochnogo materiala. Nauchnyj zhurnal KubGAU. 2010. № 60(06). <http://ej.kubagro.ru/2010/06/pdf/28.pdf>
  5. Tihonova M.A., Mursalimova G.R. Vliyanie gumatov i bioregulyatorov na rostovye processy vinograda. Sovremennoe sadovodstvo – Contemporary horticulture. 2018. № 1. S. 79–85. <https://doi.org/10.24411/2312-6701-2018-10112>
  6. Hardikova S.V., Alekhina G.P., Verhoshenceva Yu.P. Vliyanie guminovykh preparatov na ekologo-fiziologicheskie osobennosti sazhenecv vinograda v usloviyah goroda Orenburga. (Vestnik Orenburgskogo Gosudarstvennogo Universiteta. 2017. № 8 (208). S. 99–102.
  7. Shepeleva V.V., Kameneva N.V. Primenenie regulyatorov rosta dlya povysheniya urozhajnosti vinograda tekhnicheskikh sortov. Plodovodstvo i vinogradarstvo Yuga Rossii. 2018. № 49(01). S 76–85. <http://journalkubansad.ru/pdf/18/01/07.pdf>
  8. Cataldo E., Fucile M., Mattii G.B. Biostimulants in Viticulture: A Sustainable Approach against Biotic and Abiotic Stresses. Plants (Basel). 2022. No. 11(2). P. 162. <https://doi.org/10.3390/plants11020162>
  9. De Moura O., Berbara R., Torchia D. et al. Humic foliar application as sustainable technology for improving the growth, yield, and abiotic stress protection of agricultural crops. A review, Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences. 2023. Vol. 22. Issue 8. PP. 493–513. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2023.05.001>
  10. Ferrara G., Brunetti G. Influence of foliar applications of humic acids on yield and fruit quality of table grape cv. Italia. Journal international des sciences de la vigne et du vin. 2008. Vol. 42. No. 2 <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2008.42.2.822>
  11. Ferrara G., Brunetti G. Effects of the times of application of a soil humic acid on berry quality of table grape (Vitis vinifera L.) cv Italia. Span J Agric Res. 2010. N. 8(3). P. 817–822. <https://doi.org/10.5424/1283>
  12. Ibrahim M.M., Ali A.A. Effect of Humic Acid on Productivity and Quality of Superior Seedless Grape Cultivar. Middle East J. Agric. Res. 2016. V. 5(2). P. 239–246. ISSN 2077-4605
  13. Irani H., Valizadeh Kaji B., Naeini M.R. Biostimulant-induced drought tolerance in grapevine is associated with physiological and biochemical changes. Chem. Biol. Technol. Agric. 2021. No. 8. P. 5. <https://doi.org/10.1186/s40538-020-00200-9>
  14. Jindo K., Goron T.L., Pizarro-Tobías P. et al. Application of biostimulant products and biological control agents in sustainable viticulture: A review. Frontiers in Plant Science. 2022. Vol. 13. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.932311>
  15. Sabir A., Sagdic K., Sabir F.K. Vermicompost, humic acid and urea pulverizations as sustainable practices to increase grape yield and quality on the face of climatic extremities. International Journal of Agricultural and Natural Sciences. 2021. No. 14(2). P. 114–123.
  16. OIV. Descriptor list for grape varieties and Vitis species (2nd edition). 2018. <http://www.oiv.int/en/technical-standards-and-documents/description-of-grape-varieties/oiv-descriptor-list-for-grape-varieties-and-vitis-species-2nd-edition>
  17. Popescu G.C., Popescu M. Yield, berry quality and physiological response of grapevine to foliar humic acid application. Crop production and management. 2018. Bragantia 77 (2). <https://doi.org/10.1590/1678-4499.2017030>
  18. Šimanský V., Wójcik-Gront E., Horváthová J. et al. Changes in Relationships between Humic Substances and Soil Structure following Different Mineral Fertilization of Vitis vinifera L. in Slovakia. Agronomy. 2022. No. 12. 1460. <https://doi.org/10.3390/agronomy12061460>
  19. Yilmaz Y., Gazioglu Sensoy R. The Use of Biostimulants in Sustainable Viticulture. Journal of the Institute of Science and Technology. 2021. No. 11(2). P. 846–856. <https://doi.org/10.21597/jist.831987>
  20. <http://rostok72.ru/produktsiya/osobyennosti-tyekhnologii> (internet-resurs).

Поступила в редакцию 12.03.2024  
Принята к публикации 26.03.2024

## РЕАКЦИЯ РАСТЕНИЙ АКТИНИДИИ ДЕЛИКАТЕСНОЙ НА АБИОТИЧЕСКИЙ СТРЕСС В СУБТРОПИЧЕСКОЙ ЗОНЕ РОССИИ\*

Юлия Сулевна Абиляфазова, кандидат биологических наук

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Федеральный исследовательский центр «Субтропический научный центр Российской академии наук», г. Сочи, Россия  
E-mail: Citrus\_Sochi@mail.ru

**Аннотация.** В статье представлена общая характеристика культуры актинидии деликатесной, выращиваемой во влажных субтропиках России. Работу проводили с 2017 года на участке Адлерской опытной станции филиала Федерального исследовательского центра Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова и в лаборатории физиологии и биохимии растений Субтропического научного центра РАН (г. Сочи). Определяли физиолого-биохимические показатели, отражающие устойчивость растений актинидии, посаженных в 1988 году, к стресс-факторам природной среды для выявления наиболее адаптированных сортов к условиям влажных субтропиков Краснодарского края. Почва — аллювиальная луговая малогумусная. Изучали сорта: Хейворд позднего срока созревания; Эллисон, Эббот и Бруно — раннего; Монти — среднего; Томери (опылитель женских сортов киви). Индикаторный орган — физиологически зрелые листья актинидии, которые отбирали с мая по сентябрь на фоне естественного повышения температуры воздуха. Водный дефицит в 2022–2023 годах — 29,62–36,46%, минимальный — у сортов Эллисон и Монти (29,62–30,21), максимальный — Эббот (36,46%). Содержание сухих веществ — 25,47–35,53%, оводненность листовых пластинок — 46,09–62,66%. Сорта Монти, Хейворд и Томери наиболее устойчивы к погодно-климатическим условиям субтропической зоны России.

**Ключевые слова:** субтропическая зона России, актинидия деликатесная, сорт, сухие вещества, дестабилизация, водный дефицит, тургесцентность листьев

## RESPONSE OF ACTINIDIA DELICIOSA PLANTS TO ABIOTIC STRESS IN THE RUSSIAN SUBTROPICAL ZONE

Yu.S. Abilfazova, PhD in Biological Sciences

Federal Research Centre the Subtropical Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences, Sochi, Russia  
E-mail: Citrus\_Sochi@mail.ru

**Abstract.** The article presents a general description of the culture of *Actinidia deliciosa*, grown in the humid subtropics of Russia. The work was carried out since 2017 at the site of the Adler experimental station of the branch of the Federal Research Center of the N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources and in the laboratory of plant physiology and biochemistry of the Subtropical Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Sochi. Physiological and biochemical indicators were determined that reflect the resistance of actinidia plants planted in 1988 to environmental stress factors to identify the most adapted varieties to the conditions of the humid subtropics of the Krasnodar Territory. The soil is alluvial meadow with low humus. The varieties studied were late ripening Hayward; Ellison, Abbott and Bruno — early; Monty — medium; Tomuri (pollinator of kiwi female varieties). The indicator organ is physiologically mature actinidia leaves, which were selected from May to September against the backdrop of a natural increase in air temperature. Water deficit was in 2022–2023 is 29.62–36.46%, the minimum is for the Ellison and Monty varieties (29.62–30.21), the maximum is Abbott (36.46%). The dry matter content is 25.47–35.53%, the water content of leaf blades is 46.09–62.66%. The Monti, Hayward and Tomuri varieties are the most resistant to the weather and climatic conditions of the Russian subtropical zone.

**Keywords:** Russian subtropical zone, *actinidia deliciosa*, variety, dry matter, destabilization, water deficiency, leaf turgescence

*Actinidia deliciosa* — многолетнее, двудомное, листопадное растение, относится к роду лиан семейства *Actinidiaceae*, растет в естественной среде на горных склонах. Выращивают актинидию по всей средней полосе России, на Черноморском побережье Краснодарского края и юге Дагестана, в Республике Абхазия и во многих странах мира. [2, 7, 9]

Актинидией деликатесной украшают сады и дачные участки. Цветки ароматные, обоеполые. Опыление происходит с помощью ветра или насекомых. Растение может соседствовать с орешником и смородиной, но не с яблоней. При посадке актинидии обязательно наличие мужского растения среди женских стерильных (урожайность будет выше). Листья акти-

нидии простые, цельные, овальные или яйцевидные с насыщенным зеленым цветом. Листовая пластинка имеет зубчатый или пильчатый край, поверхность гладкая, блестящая, у некоторых видов почти кожистая. У актинидии деликатесной листья опадающие, очерченные, длиной до 7...12 см на длинных черешках, сверху опушенные, а с нижней стороны хорошо видны толстые жилки. На плетущихся лианах располагаются необычные экзотические плоды киви яйцевидной, продолговатой или шаровидной формы, коричневого цвета, густоволосистые. Плоды сочные с кисло-сладким вкусом. В них находится много мелких черных семян, которые безопасны и не портят вкус. Мякоть обычно зеленая,

\* Публикация подготовлена в рамках реализации государственного задания ФИЦ ШЦ РАН FGRW-2022-0012, № госрегистрации 121120700353-5 / The publication was prepared as part of the implementation of the state task of the FIT SNC RAS FGRW-2022-0012, state registration no. 121120700353-5.

реже буроватая, желтая, зависит от сорта. Актинидия деликатесная богата витаминами, особенно аскорбиновой кислотой, которая по содержанию превосходит во много раз цитрусовые. Масса ягод зависит от сорта и места произрастания. [1] Растение может плодоносить более 40 лет. Корневая система поверхностная, развитая, мощная. Почва должна быть слабокислой или нейтральной, рыхлой, питательной, хорошо дренированной, богатой калием, обязательна корневая подкормка минеральными и органическими удобрениями. [4]

Субтропикам России характерно теплое продолжительное лето со среднегодовой температурой — 20...22°C, влажностью воздуха — 72...77%, количеством осадков — 1534 мм. Зима мягкая с редкими заморозками, суммой активных температур не ниже 3600°C. Такой благодатный климат формируется благодаря Кавказским горам, защищающим регион от холодных ветров, а также морю, которое за лето нагревается и тепло отдает зимой. Климат влажных субтропиков Краснодарского края подходит для выращивания *A. Deliciosa*. Единственное место промышленного возделывания культуры в России — Адлерская опытная станция.

Растения киви очень неустойчивы к засухе, им необходим регулярный полив. Отсутствие дождей в нашем регионе с июня по сентябрь негативно влияет на функциональное состояние растений, качественные показатели плодов и урожайность. Недостаток воды приводит к потере тургора тканей листовых пластинок, клетки теряют форму, происходит скручивание и деформация листьев, опадение завязи, ухудшение вкуса плодов и уменьшение их размера. [3, 5, 9] Важно выявить сорта, отличающиеся высоким биологическим потенциалом и засухоустойчивостью к стресс-факторам влажных субтропиков России. [7]

Территория размещения актинидии на Черноморском побережье Краснодарского края должна находиться в предгорной зоне (200 м над уровнем моря). Учеными ФИЦ СНИЦ РАН разработана агроэкологическая карта оптимального размещения сортов *A. deliciosa* (Эллисон, Эббот, Монти, Бруно, Хейворд). [6]

В 1987 году на Адлерской опытной станции филиала Федерального исследовательского центра Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова заложена единственная в России промышленная плантация киви — 5,2 га. В ФИЦ СНИЦ РАН создан коллекционный участок актинидии деликатесной (1998 год). Были обеспечены необходимые растениям водный и питательный режимы, что способствовало повышению интенсивности биологических процессов (закладка генеративных органов, улучшение качества плодов и увеличение их массы), устойчивости к стрессовым ситуациям. [4]

В начале сентября на деревьях актинидии деликатесной созревают ягоды коричневого цвета, покрытые волосками (легко стираются), сочетающие аромат банана, ананаса, крыжовника и земляники. Плоды актинидии содержат большое количество витаминов (С, Р, А), микроэлементов, органических кислот, танинов, пектиновых веществ, а также клетчатку, насыщенные и полиненасыщенные жирные кислоты. [8]

Кожица необычная, ворсистая, съедобная, богата антиоксидантами (витамины С, Е), другими полезными веществами, которые защищают организм от

инфекций и способствуют укреплению иммунной системы. Большая часть витаминов не разрушается при консервировании. Масса плодов — 130 г и более.

Актинидия деликатесная очень чувствительна к недостатку надземной и подземной влаги. [3] В засуху активизируются вредители и патогенные микробы, вызывающие болезни растений.

Плоды актинидии хорошо переносят длительную транспортировку и при этом не теряют вкус и товарный вид, сохраняются долгое время свежими для употребления, при 0°C — до полугода. [1] Новая Зеландия, Китай, Франция, Греция, Италия — лидеры по выращиванию актинидии деликатесной. Основные импортеры китайского киви — Япония, Россия, Корея.

Цель работы — определить физиолого-биохимические показатели, отражающие устойчивость растений актинидии к стресс-факторам природной среды для выявления наиболее адаптированных сортов к условиям влажных субтропиков Краснодарского края.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Изучали коллекцию актинидии деликатесной (*A. deliciosa*) на участке Адлерской опытной станции филиала ФИЦ Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова. Посадка 1988 года, 5 × 4 м, формировка — трехъярусная пальметта, площадь — 5,5 га. Почва — аллювиальная луговая малогумусная. Орошение растений проводили капельным способом. Функциональную оценку листьев осуществляли общепринятыми классическими методами в трехкратной повторности для каждого сорта. Определяли водный дефицит, оводненность тканей, сухое вещество, высушивая листья в сушильном шкафу при 105°C до постоянного веса.

Данные математически обрабатывали методом дисперсионного анализа по Доспехову и с применением пакета программ Excel XP.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

С 2022 года исследовали сорта актинидии деликатесной — *Хейворд*, *Монти*, *Бруно*, *Эббот*, *Эллисон* и *То-мури* (рис. 1).

Потеря или повышение сухого вещества зависело от исходного содержания в растениях, что позволяет судить о неравномерном его распределении в листьях киви. В 2022 году содержание сухого вещества по месяцам в среднем составило 25,47...35,53% у сортов *Эллисон* и *Эббот* соответственно, 2023 — 28,57 (*Эллисон*) и 34,96% (*Монти*), что ниже в 1,1...1,4 раза, по сравнению с контрольным сортом *Хейворд*. У мужского сорта *То-мури* сухое вещество за два года в среднем достигало 34,64%. Статистический анализ по годам не показал существенных различий, но они были по месяцам исследований в 2022–2023 годах, что связано с абиотическими факторами среды и неравномерностью распределения сухого вещества в листьях. В разные месяцы и годы в листьях актинидии деликатесной количество сухого вещества изменялось из-за сортовых особенностей, а также большой потери тургора в засуху. При недостатке воды устьица листьев быстро закрываются, сразу замедляются фотосинтетические процессы и растение начинает активно тратить сухое вещество. Полученные данные по этому показателю

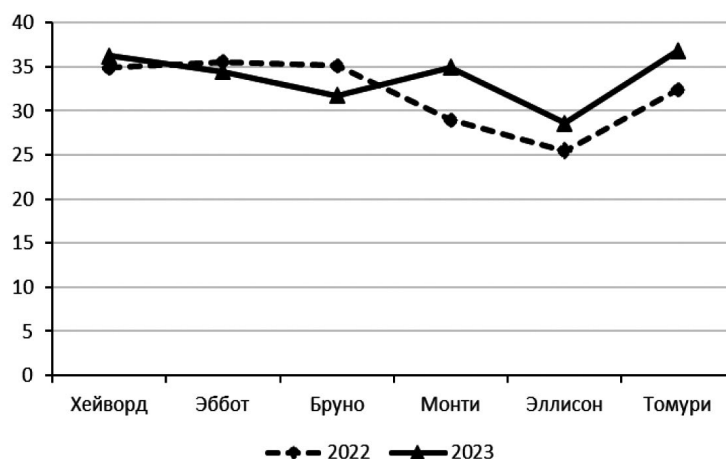


Рис. 1. Содержание сухого вещества в листьях актинидии деликатесной (среднее по месяцам), НСР ( $p \leq 0,05$ ) = 3,30.

дают возможность точнее определять сроки созревания и съема плодов, их устойчивость к неблагоприятным погодно-климатическим условиям влажных субтропиков России.

Актинидию деликатесную выращивают на умеренно влажной почве, грунт должен быть рыхлым, питательным, с нейтральной реакцией.

Показатель водного дефицита у растений хорошо коррелирует с водообеспеченностью и может быть использован для характеристики водного режима различных культур.

Анализ водного режима листьев актинидии показал, что водный дефицит в 2022–2023 годах в среднем составил 29,62...36,46%, минимальный отмечен у сортов *Эллисон* и *Монти* (29,62...30,21%), максимальный – *Эббот* (36,46%) (рис. 2). Оводненность листовых пластинок находилась на уровне 46,09...62,66%, количество сухого вещества – 25,47...35,53%.

В 2023 году (июнь–сентябрь) водный дефицит в среднем по опыту был равен 32,09...52,60%, самый высокий отмечен у сортов *Эббот* (52,60%) и *Бруно* (49,45%) раннего и среднего срока созревания соответственно. С повышением температуры воздуха и в условиях знойной засухи снова установлен высокий дефицит у сорта *Эббот* в августе – 42,28%, сентябре – 55,46, у *Бруно* в августе он снизился до 37,28, но уже

в сентябре повысился до 55,70%, что свидетельствует о его малоустойчивости к нестабильному климату Черноморского побережья России.

За время исследований относительная тургесцентность составила 52,52...62,09%. Самая большая потеря тургора тканей листовых пластинок была у сорта *Эббот* (около 50%), ниже в 1,2 раза по сравнению с *Хейвордом*. *Монти*, *Хейворд* и *Томури* отличались наиболее низким показателем дефицита воды, который находился в пределах 38,42% со значительным тургором листовых пластинок до 62%, что говорит о высокой устойчивости указанных сортов к переменам погодно-климатических условий. Выявлено, что наиболее устойчивые к засухе – *Хейворд* (поздний срок созревания), *Монти* (средний) и *Томури* (мужской сорт), сорта *Эббот*, *Бруно* и *Эллисон* характеризовались как малоустойчивые. Относительная тургесцентность листьев актинидии деликатесной понижалась и повышалась в зависимости от сорта, месяца исследования и дефицита воздушной и почвенной влаги.

Таким образом, растения актинидии деликатесной очень зависимы от водно-термических условий Черноморского побережья Краснодарского края. Наиболее устойчивые к засухе – сорта *Хейворд*, *Монти* и сорт-опылитель *Томури*.

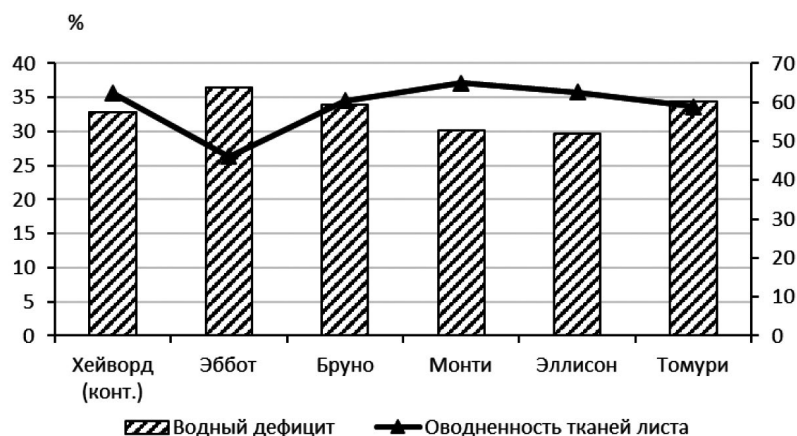


Рис. 2. Влияние неблагоприятных факторов среды на водный режим листьев актинидии деликатесной, 2022–2023 годы.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Абильфазова Ю.С., Беседина Т.Д., Тутберидзе Ц.В. Биохимический состав плодов *A. deliciosa* во влажных субтропиках России // Садоводство и виноградарство. 2023. № 5. С. 42–48. <https://doi.org/10.31676/0235-2591-2023-5-42-48>
- Айба Л.Я. Киви новая перспективная субтропическая культура Черноморского побережья Кавказа, М.: 2005. 136 с.
- Беседина Т.Д., Тутберидзе Ц.В., Бойко А.П., Тория Г.Б. Влияние режимов капельного орошения на свойства почв под насаждениями *Actinidia deliciosa* // Новые технологии. 2018. № 3. С. 159–165.
- Беседина Т.Д., Тутберидзе Ц.В., Киселева Н.С. О влиянии агроэкологических условий влажных субтропиков России на продукционный потенциал *Actinidia deliciosa* (Kiwifruit) // Сельскохозяйственная биология. 2021. № 56(5). С. 999–1010.
- Беседина Т.Д., Тутберидзе Ц.В., Тория Г.Б. Водный режим влажных субтропиков России и орошение актинидии деликатесной (*Actinidia deliciosa* (A. Chev.) Lang Et. Forg.) Субтропическое и декоративное садоводство: сб. науч. труд. ФГБНУ ВНИИЦиСК, 2018. № 66. С. 135–144. Diti ons of Russian humid subtropics. Fruit Growing. 2019. № 31(1). С. 150–156.
- Беседина Т.Д., Тутберидзе Ц.В., Бойко А.П. Агроэкологический паспорт *A. deliciosa* (киви) – основа оптимального размещения во влажных субтропиках России. Вестник российской сельскохозяйственной науки // 2016. № 2. С. 30–34. ISSN 2500-2082.
- Рындин А.В., Белоус О.Г., Маляровская В.И. и др. Использование физиолого-биохимических методов для выявления механизмов адаптации субтропических, южных плодовых и декоративных культур в условиях субтропиков России // Сельскохозяйственная биология. 2014. № 3. С. 40–48.
- Тарасенко В.С. Возделывание киви в России / Под ред. д-ра биол. наук М.Н. Плехановой. СПб: ВИР, 1999, 44 с.
- Якушев В.П., Жуковский Е.Е. Климатические изменения и риск в земледелии // Вестник РАСХН. 2010. № 2. С. 13–16.

## REFERENCES

- Abil'fazova Yu.S., Besedina T.D., Tutberidze C.V. Biohimicheskiy sostav plodov *A. deliciosa* vo vlazhnykh subtropikah Rossii // Sadovodstvo i vinogradarstvo. 2023. № 5. S. 42–48. <https://doi.org/10.31676/0235-2591-2023-5-42-48>.
- Ajba L.Ya. Kivi novaya perspektivnaya subtropicheskaya kul'tura Chernomorskogo poberezh'ya Kavkaza, M.: 2005. 136 s.
- Besedina T.D., Tutberidze C.V., Bojko A.P., Toriya G.B. Vliyaniye rezhimov kapel'nogo orosheniya na svojstva pochv pod nasazhdeniyami *Actinidia deliciosa* // Novye tekhnologii. 2018. № 3. S. 159–165.
- Besedina T.D., Tutberidze C.V., Kiseleva N.S. O vliyanii agroekologicheskikh usloviy vlazhnykh subtropikov Rossii na produkcionnyy potencial *Actinidia deliciosa* (Kiwifruit) // Sel'skohozyajstvennaya biologiya. 2021. № 56(5). S. 999–1010.
- Besedina T.D., Tutberidze C.V., Toriya G.B. Vodnyy rezhim vlazhnykh subtropikov Rossii i orosheniye aktinidii delikatesnoj (*Actinidia deliciosa* (A. Chev.) Lang Et. Forg.) Subtropicheskoe i dekorativnoe sadovodstvo: sb. nauch. trud. FGBNU VNIICiSK, 2018. № 66. S. 135–144. Diti ons of Russian humid subtropics. Fruit Growing. 2019. № 31(1). S. 150–156.
- Besedina T.D., Tutberidze C.V., Bojko A.P. Agroekologicheskij passport *A. deliciosa* (kivi) – osnova optimal'nogo razmeshcheniya vo vlazhnykh subtropikah Rossii. Vestnik rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki // 2016. № 2. S. 30–34. ISSN 2500-2082.
- Ryndin A.V., Belous O.G., Malyarovskaya V.I. i dr. Ispol'zovanie fiziologo-biohimicheskikh metodov dlya vyyavleniya mekhanizmov adaptacii subtropicheskikh, yuzhnykh plodovykh i dekorativnykh kul'tur v usloviyah subtropikov Rossii // Sel'skohozyajstvennaya biologiya. 2014. № 3. S. 40–48.
- Tarassenko V.S. Vozdelyvanie kivi v Rossii / Pod red. d-ra biol. nauk M.N. Plekhanovoj. SPb: VIR, 1999, 44 s.
- Yakushev V.P., Zhukovskij E.E. Klimaticheskie izmeneniya i risk v zemledelii // Vestnik RASKHN. 2010. № 2. S. 13–16.

Поступила в редакцию 11.03.2024

Принята к публикации 25.03.2024

## АГРОТЕХНИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА СЕМЕННЫХ ПОДВОЕВ В ПИТОМНИКЕ

Игорь Валерьевич Семин, кандидат сельскохозяйственных наук

Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур,

д. Жилина, Орловская обл., Россия

E-mail: seminigorvniispk.ru@yandex.ru

**Аннотация.** В работе представлены предварительные результаты оценки некоторых агротехнических приемов повышения качества семенных подвоев для груши на основе айвы обыкновенной селекции ВНИИСПК. Использование подстилочного материала, внесенного в рядки при посеве в виде мха сфагнома или песка, улучшало ветвление первичного корня сеянца, образовывалось большее количество скелетных корней, чем в вариантах контроля. Морфологическая структура песка благоприятствовала высокой аэрации и гидроизоляции при избытке влаги в прикорневой зоне прорастающего семени. Основное количество разветвлений было сосредоточено на окончаниях скелетного корня или близко к нему. Места ответвления скелетных корней от основного часто остаются открытыми, что приводит к снижению якорности привойно-подвойных комбинаций в саду. Обладая высокой влагоудерживающей способностью, аэрацией и антисептическими свойствами, мох-сфагнум способствовал формированию разветвленной корневой системы сеянца со множеством обрастающих корней. Количество скелетных корней и порядок их ветвления превышал контрольные варианты в 1,5–2,0 раза. Ветвился практически весь скелетный корень, что важно для приживаемости, закрепления растений в почве, питания и влагообеспеченности в период вегетации. Чтобы повысить качество семенных подвоев на основе айвы обыкновенной при посеве в рядки следует вносить подстилочный материал (песок или мох-сфагнум).

**Ключевые слова:** айва обыкновенная, посев, сеянцы, семенные подвои, качество сеянцев

## AGROTECHNICAL PRACTICES FOR IMPROVING THE QUALITY OF SEED STOCKS IN THE NURSERY

I.V. Semin, PhD in Agricultural Sciences

Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding, Zhilin village, Oryol region, Russia

E-mail: seminigorvniispk.ru@yandex.ru

**Abstract.** The paper presents the preliminary results of an assessment of some agrotechnical techniques for improving the quality of seed stocks for pears based on quince of ordinary VNIISPK breeding. Studies have shown that the use of bedding material introduced into rows during sowing in the form of sphagnum moss or sand contributed to better branching of the primary root of the seedling, and, consequently, the formation of more skeletal roots than in control variants. The morphological structure of the sand favored high aeration and waterproofing with excess moisture in the root zone of the germinating seed. The skeletal root branched better than in the control. However, the main amount of branching was concentrated on the endings of the skeletal root or close to it. The places of branching of skeletal roots from the main root of the seedling often remained open, which subsequently may lead to a decrease in the anchoring of graft-rootstock combinations in the garden. On the other hand, having a high moisture-retaining ability, aeration and antiseptic properties, sphagnum moss had an even more beneficial effect on the young sprout and subsequently contributes to the formation of a branched root system of the seedling with many overgrown roots. The number of skeletal roots and the order of their branching exceeded the control variants by 1.5–2.0 times. Almost the entire skeletal root branched, which is very valuable for survival, plant fixation in the soil, nutrition and moisture supply during the growing season. Based on the conducted research, in order to improve the quality of seed stocks based on quince, when sowing, bedding material in the form of sand or sphagnum moss should be added to the rows, contributing to better branching of the roots of quince seedlings.

**Keywords:** quince, sowing, seedlings, seed stocks, seedling quality

Среди семечковых культур груша занимает одно из ведущих мест. Однако развитие промышленного производства плодов груши в России практически не происходит. Это связано не только с трудоемкостью ее возделывания и недостаточному вниманию средств интенсификации производства, но и отсутствием подвоев с высокими адаптивными и хозяйственно-биологическими характеристиками применительно к конкретной зоне производства. Продуктивность грушевых насаждений в современном садоводстве основано на использовании слаборослых подвоев, обладающих экологической пластичностью. [7–10] Основной подвой в большинстве регионов России, за исключением южных областей, — сеянцы груши, которые не подходят для интенсивного садоводства из-за биологической силнорослости, продолжительности

наступления первого плодоношения и трудоемкости получения посадочного материала. [7] В других странах чаще всего берут в качестве скороплодного слаборослого подвоя для груши айву обыкновенную и ее производные. [2, 8–10] Такие привойно-подвойные комбинации характеризуются высокой окупаемостью и производительностью благодаря сдержанному росту и быстрому наращиванию урожайности, которая начинается на третий–четвертый год после посадки в сад. [5] В центральных регионах России большинство промышленных сортов и подвоев айвы обыкновенной малозимостойкие. Но учеными ВНИИСПК уже выделены ее сеянцы для применения в средней полосе России как слаборослый подвой груши с хорошей адаптивностью и восстановительной способностью. [1, 6, 11] Предварительные исследования

показали, что такой подвой в производительности привойно-подвойной комбинации не уступает основным подвоям, применяемым в странах с развитыми интенсивными технологиями. Любое производство требует однородности и выровненности насаждений, поэтому сады выращивают преимущественно на клоновых подвоях. Однако в экономических условиях современных рыночных отношений размножение подвоев семенами намного производительнее по выходу и качеству подвойного материала. Деревья с использованием семенного подвоя, в отличие от клонового, чаще всего не требуют опорных сооружений благодаря основному корню, разветвляющемуся в подпахотных горизонтах почвы. Айва обыкновенная селекции ВНИИСПК одного генетического происхождения, поэтому семенные подвои однородны и почти не уступают клоновым, а также обладают высокой зимостойкостью корневой системы. [1, 11] Технология размножения подвоев груши требует усовершенствования. [3] Слаборослые подвои на основе айвы обыкновенной могут быть улучшены с помощью изменения элементов технологии выращивания и создания оптимальных условий увлажнения, аэрации и питания сеянцев.

Цель работы — оценка приемов повышения качества слаборослых семенных подвоев на основе айвы обыкновенной в питомнике для производства груши.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в 2022–2023 годах на опытном участке ВНИИСПК. Объект изучения — сеянцы третьего поколения зимостойких форм айвы обыкновенной селекции института, рассматриваемые как карликовые подвои интенсивного типа для производства плодов груши в центральных регионах России. Высота кустов плодоносящих растений не превышает 3,0...3,3 м. [6] До посева семена стратифицировали 92...96 дн. при низких положительных температурах и влажной среде во мхе-сфагнуме, который считается наилучшим субстратом для зимнего хранения семян. Посев производили в искусственные гряды, представляющие собой короба высотой 30 см, площадью 14 м<sup>2</sup>. Грунт — плодородная земля и перегной (1 : 1). Для улучшения корневой системы растений в каждом варианте эксперимента укладывали слой (2 см) речного песка или мха-сфагнума в основание рядков и хорошо увлажняли. В III декаде апреля — I декаде мая сеяли наклюнувшиеся семена по схеме — 0,5 × 20 см на глубину 1 см и присыпали почвой (1 см). Контроль — смесь земли и перегноя (1 : 1). Повторность опыта трехкратная, количество учетных растений — 100 шт. Агротехника общепринятая. Оценка качества сеянцев айвы обыкновенной проводили визуально согласно Программе и методике сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. [4]

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Все растения хорошо переносили низкие температуры в 2022–2023 годах, повреждения морозом происходили в конце зимы, но на плодоношение влияния не оказали. В случае некоторых повреждений растений низкими температурами айва успевала полностью восстановиться к цветению, которое было обильным

и происходило позже, чем у яблони и груши, не подвергаясь воздействию возвратных холодов. На снижение урожайности повлиял недостаток влаги в конце весны — начале лета. На фоне высокой температуры частично осыпались завязавшиеся после цветения плоды (табл. 1). Августовская засуха вызвала уменьшение размеров плода и выхода количества семян, но урожайность составила 0,5...0,7 кг/раст. Каждый плод средней массой 32,3...36,6 г содержал 46 семян. Выход семян (соотношение массы семян к массе плода) — 5,1...5,9%. С каждого куста айвы было получено по 700...900 семян. Плоды разных видов и сортов груши содержат не больше 12...16 семян, их выход не превышает 0,5...4,0%. По урожайности груша уступает айве из-за ее зависимости от агроклиматических условий сезона.

Возвышение искусственных гряд способствовало лучшему прогреванию почвы и водообменным процессам (рис. 1, 3-я стр. обл.). Всходы были равномерными и не отличались по годам и вариантам. Развитие сеянцев в течение сезона носит волновой характер и связано с погодными условиями. Наиболее интенсивное развитие наблюдали в мае-июне благодаря наличию тепла и влаги. Затем происходило замедление в поступательном росте и одревеснение побегов. В пазухах листа начинали формироваться почки. Со второй половины августа до начала сентября на фоне высоких температур поступательный рост продолжался. Присутствие достаточного количества влаги усиливало интенсивность развития. В этот период у 3,1% растений отмечено вторичное ветвление однолетнего прироста. Меньше всего сеянцев с разветвленным побегом было в варианте с использованием мха-сфагнума — 0,4%. В конце сентября рост сеянцев заканчивался. Все растения сформировали одревесневший полноценный однолетний побег без растущих окончаний.

В конце сентября семенные подвои выкапывали и анализировали качественные показатели. Установлено, что внесение в рядки песка на 3...14% повышало всхожесть семян, по сравнению с контролем (табл. 2). Благодаря рыхлой структуре песок пропускает воду и воздух, обеспечивая ростку необходимые условия для активной жизнедеятельности. В эксперименте со мхом всхожесть снижалась на 3...17%, относительно контроля и варианта с песком. Мох способен удерживать влагу и создает оптимальные условия увлажнения и аэрации для корневой системы, но затрудняет процесс питания растения. В нем не содержится элементов питания, поэтому все слабые ростки погибают, используя исходные запасы семени. Сильные ростки интенсивно разветвляют корни и, коснувшись почвы вокруг подстилочного материала, начинают активно развиваться, формируется мощная компактная разветвленная корневая система. Таким образом, в этом варианте всхожесть семян и выход подвоев ниже, чем в контроле и эксперименте с песком, но качество сеянцев лучше.

В эксперименте, по сравнению с контролем, высота сеянцев в среднем выше на 3,9...4,8 см. Разницы в длине однолетнего прироста между вариантами опыта не обнаружили. Толщина штамба сеянца увеличивалась с применением песка и мха-сфагнума на 0,1...0,6 мм. Однако в первом было 1,1...3,1% сеянцев с разветвлениями. Это нежелательный признак, ухудшающий ка-



Таблица 1.

## Показатели урожайности и продуктивности маточно-семенных растений айвы обыкновенной селекции ВНИИСПК

| Год     | Урожайность, кг/куст | Средняя масса плода, г | Количество семян на плод, шт. | Масса 1000 семян, г | Выход семян, % | Доля содержания слизи в семенах, % |
|---------|----------------------|------------------------|-------------------------------|---------------------|----------------|------------------------------------|
| 2022    | 0,7                  | 36,6                   | 49,8                          | 22,0                | 5,9            | 38,7                               |
| 2023    | 0,5                  | 32,3                   | 42,2                          | 22,1                | 5,1            | 30,0                               |
| Среднее | 0,6                  | 34,5                   | 46,0                          | 22,1                | 5,5            | 34,4                               |

Таблица 2.

## Показатели качества надземной системы семенных подвоев

| Год     | Всхожесть, % |       |             | Высота сеянца, см |       |             | Толщина штамба сеянца, мм |       |             | Количество сеянцев с разветвлениями, % |       |             |
|---------|--------------|-------|-------------|-------------------|-------|-------------|---------------------------|-------|-------------|----------------------------------------|-------|-------------|
|         | контроль     | песок | мох-сфагнум | контроль          | песок | мох-сфагнум | контроль                  | песок | мох-сфагнум | контроль                               | песок | мох-сфагнум |
| 2022    | 76,0         | 90,0  | 58,3        | 38,4              | 40,4  | 43,3        | 4,9                       | 4,6   | 5,9         | 2,9                                    | 1,1   | 0,0         |
| 2023    | 93,0         | 96,0  | 90,0        | 41,6              | 47,4  | 46,2        | 3,8                       | 4,4   | 4,1         | 0,0                                    | 3,1   | 1,1         |
| Среднее | 84,5         | 93,0  | 74,2        | 40,0              | 43,9  | 44,8        | 4,4                       | 4,5   | 5,0         | 1,5                                    | 2,1   | 0,6         |

чество подвоев. Меньше всего сеянцев с разветвлениями получили в варианте со мхом-сфагнумом.

В эксперименте скелетные корни ветвятся интенсивнее, чем в контроле (табл. 3). Этому способствует аэрация подстилочного материала на фоне достаточной влагообеспеченности. Главный корень при достижении 1...2 см образует боковые (скелетные), имеющие важное значение для растений (закрепление в почве, питание). Они тоже разветвляются, формируя корневую систему.

В этот период значение имеет наличие достаточного количества влаги, элементов питания и аэрации в почве. Песок хорошо пропускает воду, но слабо ее задерживает (содержание калия снижено), обладает хорошей проводимостью воздуха, благодаря рыхлой структуре, препятствует возникновению уплотненности почвы при низком уровне влагообеспеченности. Мох-сфагнум хорошо удерживает воду и формирует оптимальную аэрируемую среду в прикорневой зоне, улучшает агрофизические свойства почвы, способ-

ствует уменьшению активности патогенов благодаря дезинфицирующим свойствам. Каждый материал по-своему положительно повлиял на формирование корневой системы сеянцев. В контроле распределение боковых ответвлений происходит равномерно (рис. 2, 3-я стр. обл.). С песком интенсивнее разветвляются окончания корней, чем их основания. Вероятно, одревеснение скелетных корней в эксперименте с песком происходит раньше, чем в других вариантах. При использовании мха-сфагнума обрастает весь корень. Ответвления были даже у основания корневой шейки. Каждый боковой виток имел по три-пять порядков боковых ответвлений. У 30...40% сеянцев крайний виток корня образуется до выкопки подвоев. Весь корень развивается до конца вегетации, не снижая своей интенсивности. Поэтому количество обрастающих корней при использовании мха-сфагнума значительно больше, чем в контроле и эксперименте с песком, у которых в осенний период снижается активность формирования корневой системы подвоя.

Таблица 3.

## Показатели качества корневой системы семенных подвоев

| Год     | Скелетные корни |       |             |           |       |             |                   |       |             |                     |       |             |
|---------|-----------------|-------|-------------|-----------|-------|-------------|-------------------|-------|-------------|---------------------|-------|-------------|
|         | количество, шт. |       |             | длина, см |       |             | порядок ветвления |       |             | средняя толщина, мм |       |             |
|         | контроль        | песок | мох-сфагнум | контроль  | песок | мох-сфагнум | контроль          | песок | мох-сфагнум | контроль            | песок | мох-сфагнум |
| 2022    | 15,1            | 17,2  | 20,0        | 8,8       | 11,8  | 13,0        | 3,1               | 3,3   | 4,1         | 1,9                 | 1,6   | 1,7         |
| 2023    | 9,7             | 12,6  | 14,0        | 10,1      | 11,4  | 9,3         | 1,9               | 2,1   | 3,7         | 1,4                 | 1,4   | 1,2         |
| Среднее | 12,4            | 14,9  | 17,0        | 9,5       | 11,6  | 11,2        | 2,5               | 2,7   | 3,9         | 1,7                 | 1,5   | 1,5         |

**Выводы.** В результате проведенных наблюдений установлено, что внесение подстилочного материала (песок или мох-сфагнум) в основание рядков (слой – 2 см) при посеве семян в искусственные гряды питомника способствовало повышению качества сеянцев айвы обыкновенной, формировалась разветвленная корневая система с большим количеством обрастающих корней, что благоприятно сказывается на приживаемости и питании подвоя, а также привоино-подвойных комбинаций в дальнейшем. Отмечено увеличение количества корней, высоты сеянцев и толщины их штамба.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Борисова О.Н., Долматов Е.А. Морозостойкость корневой системы перспективных клоновых подвоев для груши // Успехи современной науки. 2017. № 7. С. 11–13.
- Касьянова Г.В., Никольская О.А., Солонкин А.В. Влияние подвоев для груши на приживаемость сортов местной селекции // Научно-агрономический журнал. 2023. № 2(121). С. 17–21. <https://doi.org/10.34736/FNC.2023.121.2.003.17-21>
- Лохова А.И., Савин Е.З., Русанов А.М., Мушинский А.А. Урожайность и семенная продуктивность подвойных форм груши в условиях степной зоны Южного Урала // Плодоводство и ягодоводство России. 2020. № 62. С. 39–47. <https://doi.org/10.31676/2073-4948-2020-62-39-47>
- Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. Орел. ВНИИСПК. 1999. 502 с.
- Самусь В.А., Шкробова М.А. Перспективный клоновый подвой груши – S1 // Земледелие и растениеводство. 2018. № 2. С. 46–48.
- Сёмин И.В. Технологические аспекты выращивания перспективных семенных подвоев для груши на основе айвы обыкновенной селекции ВНИИСПК // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2023. № 5. С. 52–56. <https://doi.org/10.31857/2500-2082/2023/5/52-56>
- Танкевич В.В., Сотник А.И. Агробиологическая оценка перспективных подвоев для груши в Крыму // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. 2022. № 144. С. 147–154. <https://doi.org/10.36305/0513-1634-2022-144-147-154>
- Friend A.P., Diack R.N., van Hooijdonk B.M. et al. Scion architecture on dwarfing candidate pear rootstocks // Acta Hort. 2020. Vol. 1281. PP. 153–162. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2020.1281.22>
- Mac an Saoir, S., Johnston S., Kearns J. Pear systems trial, Conference on Quince Adams and Quince EMC rootstocks in N. Ireland // Acta Hort. 2022. Vol. 1346. PP. 347–352. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2022.1346.43>
- Öztürk A. The Effects of Different Rootstocks on the Graft Success and Stion Development of Some Pear Cultivars // International Journal of Fruit Science. 2021. Vol. 21 (1). PP. 932–944. <https://doi.org/10.1080/15538362.2021.1948376>
- Semin I.V. Evaluation of common quince of VNIISPК breeding as pear seedling rootstock for fruit production in Central Russia // E3S Web of Conferences. 24–25 февраля. Орел. 2021. 02017. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202125402017> (дата обращения 10.01.2024).
- Borisova O.N., Dolmatov E.A. Morozostojkost' kornevoj sistemy perspektivnyh klonovyh podvov dlya grushi // Uspekhi sovremennoj nauki. 2017. № 7. S. 11–13.
- Kas'yanova G.V., Nikol'skaya O.A., Solonkin A.V. Vliyanie podvov dlya grushi na przhivaemost' sortov mestnoj selekcii // Nauchno-agronomicheskij zhurnal. 2023. № 2(121). S. 17–21. DOI: 10.34736/FNC.2023.121.2.003.17-21
- Lohova A.I., Savin E.Z., Rusanov A.M., Mushinskij A.A. Urozhajnost' i semennaya produktivnost' podvojnyh form grushi v usloviyah stepnoj zony Yuzhnogo Urala // Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii. 2020. № 62. S. 39–47. <https://doi.org/10.31676/2073-4948-2020-62-39-47>
- Programma i metodika sortoizucheniya plodovyh, yagodnyh i orekhoplodnyh kul'tur. Орел. VNIISPК. 1999. 502 s.
- Samus' V.A., Shkrobova M.A. Perspektivnyj klonovyy podvoj grushi – S1 // Zemledelie i rastenievodstvo. 2018. № 2. S. 46–48.
- Syomin I.V. Tekhnologicheskie aspekty vyrashchivaniya perspektivnyh semennyh podvov dlya grushi na osnove ajvy obyknovennoj selekcii VNIISPК // Vestnik rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki. 2023. № 5. S. 52–56. <https://doi.org/10.31857/2500-2082/2023/5/52-56>
- Tankevich V.V., Sotnik A.I. Agrobiologicheskaya ocenka perspektivnyh podvov dlya grushi v Krymu // Byulleten' Gosudarstvennogo Nikitskogo botanicheskogo sada. 2022. № 144. S. 147–154. <https://doi.org/10.36305/0513-1634-2022-144-147-154>
- Friend A.P., Diack R.N., van Hooijdonk B.M. et al. Scion architecture on dwarfing candidate pear rootstocks // Acta Hort. 2020. Vol. 1281. PP. 153–162. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2020.1281.22>
- Mac an Saoir, S., Johnston S., Kearns J. Pear systems trial, Conference on Quince Adams and Quince EMC rootstocks in N. Ireland // Acta Hort. 2022. Vol. 1346. PP. 347–352. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2022.1346.43>
- Öztürk A. The Effects of Different Rootstocks on the Graft Success and Stion Development of Some Pear Cultivars // International Journal of Fruit Science. 2021. Vol. 21 (1). PP. 932–944. <https://doi.org/10.1080/15538362.2021.1948376>
- Semin I.V. Evaluation of common quince of VNIISPК breeding as pear seedling rootstock for fruit production in Central Russia // E3S Web of Conferences. 24–25 fevralya. Орел. 2021. 02017. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202125402017> (data obrashcheniya 10.01.2024).

#### REFERENCES

- Borisova O.N., Dolmatov E.A. Morozostojkost' kornevoj sistemy perspektivnyh klonovyh podvov dlya grushi // Uspekhi sovremennoj nauki. 2017. № 7. S. 11–13.
- Kas'yanova G.V., Nikol'skaya O.A., Solonkin A.V. Vliyanie podvov dlya grushi na przhivaemost' sortov mestnoj selekcii // Nauchno-agronomicheskij zhurnal. 2023. № 2(121). S. 17–21. DOI: 10.34736/FNC.2023.121.2.003.17-21
- Lohova A.I., Savin E.Z., Rusanov A.M., Mushinskij A.A. Urozhajnost' i semennaya produktivnost' podvojnyh form grushi v usloviyah stepnoj zony Yuzhnogo Urala // Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii. 2020. № 62. S. 39–47. <https://doi.org/10.31676/2073-4948-2020-62-39-47>
- Programma i metodika sortoizucheniya plodovyh, yagodnyh i orekhoplodnyh kul'tur. Орел. VNIISPК. 1999. 502 s.
- Samus' V.A., Shkrobova M.A. Perspektivnyj klonovyy podvoj grushi – S1 // Zemledelie i rastenievodstvo. 2018. № 2. S. 46–48.
- Syomin I.V. Tekhnologicheskie aspekty vyrashchivaniya perspektivnyh semennyh podvov dlya grushi na osnove ajvy obyknovennoj selekcii VNIISPК // Vestnik rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki. 2023. № 5. S. 52–56. <https://doi.org/10.31857/2500-2082/2023/5/52-56>
- Tankevich V.V., Sotnik A.I. Agrobiologicheskaya ocenka perspektivnyh podvov dlya grushi v Krymu // Byulleten' Gosudarstvennogo Nikitskogo botanicheskogo sada. 2022. № 144. S. 147–154. <https://doi.org/10.36305/0513-1634-2022-144-147-154>
- Friend A.P., Diack R.N., van Hooijdonk B.M. et al. Scion architecture on dwarfing candidate pear rootstocks // Acta Hort. 2020. Vol. 1281. PP. 153–162. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2020.1281.22>
- Mac an Saoir, S., Johnston S., Kearns J. Pear systems trial, Conference on Quince Adams and Quince EMC rootstocks in N. Ireland // Acta Hort. 2022. Vol. 1346. PP. 347–352. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2022.1346.43>
- Öztürk A. The Effects of Different Rootstocks on the Graft Success and Stion Development of Some Pear Cultivars // International Journal of Fruit Science. 2021. Vol. 21 (1). PP. 932–944. <https://doi.org/10.1080/15538362.2021.1948376>
- Semin I.V. Evaluation of common quince of VNIISPК breeding as pear seedling rootstock for fruit production in Central Russia // E3S Web of Conferences. 24–25 fevralya. Орел. 2021. 02017. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202125402017> (data obrashcheniya 10.01.2024).

Поступила в редакцию 14.03.2024

Принята к публикации 28.03.2024

К III Международной научно-практической конференции «Рядом с Н.И. Вавиловым — научные школы России по обеспечению продовольственной и экологической безопасности страны» (17–20 июня 2024 г.)

УДК 634.8

DOI: 10.31857/S2500208224040112, EDN: xkwcai

## СТАНОВЛЕНИЕ НАУЧНОЙ ШКОЛЫ ПО ГЕНЕТИЧЕСКИМ РЕСУРСАМ, СЕЛЕКЦИИ И ГЕНЕТИКИ ВИНОГРАДА В РОССИИ ОТ Н.И. ВАВИЛОВА ДО НАСТОЯЩИХ ДНЕЙ

Владимир Владимирович Лиховской, доктор сельскохозяйственных наук  
Владимир Александрович Волынкин, доктор сельскохозяйственных наук, профессор  
Алла Анатольевна Полулях, кандидат сельскохозяйственных наук  
Валерий Анатольевич Зленко, кандидат сельскохозяйственных наук  
Наталья Леонидовна Студенникова, кандидат сельскохозяйственных наук  
Геннадий Юрьевич Спотарь, младший научный сотрудник

ФГБУН «Всероссийский национальный научно-исследовательский институт виноградарства и виноделия «Магарач», г.

Ялта, Республика Крым, Россия

E-mail: volynkin@magarach-institut.ru

**Аннотация.** Представленный в статье материал позволяет проанализировать формирование научной школы генетических ресурсов, селекции и генетики винограда в России от Н.И. Вавилова, развитие методологии селекции винограда, используя на первых этапах знания описательной ампелографии. Анализируя этапы методологии селекции винограда, в совокупности с исходным материалом — генетическими ресурсами и обусловленными специфичностью генома закономерностей проявления и наследования генетически детерминированных признаков, выделены два аспекта: процесс формирования генофонда винограда, происхождения отдельных сортов в ходе естественной эволюции и целенаправленное создание новых сортов в процессе экспериментальной. Аутентичность виноградарства и виноделия России поддерживается новыми селекционными сортами института «Магарач», сочетающими достоинства автохтонных сортов с устойчивостью к биотическим и абиотическим факторам биосферы, обладающими обоим типом цветка. Современные методы био- и генной инженерии дают возможность перейти от селекции на организменном уровне к редактированию генома на геномном.

**Ключевые слова:** виноград, генетические ресурсы, селекция, генетика, методология

## FORMATION OF A SCIENTIFIC SCHOOL ON GENETIC RESOURCES, SELECTION AND GENETICS OF GRAPES IN RUSSIA FROM N.I. VAVILOV TO THE PRESENT DAY

V.V. Likhovskoy, *Grand PhD in Agricultural Sciences*  
V.A. Volynkin, *Grand PhD in Agricultural Sciences, Professor*  
A.A. Polulyakh, *PhD in Agricultural Sciences*  
V.A. Zlenko, *PhD in Agricultural Sciences*  
N.L. Studennikova, *PhD in Agricultural Sciences*  
G.Yu. Spotar, *Junior Researcher*

FSBIS «All-Russian National Research Institute of Viticulture and Winemaking "Magarach", Yalta, Republic of Crimea, Russia

E-mail: volynkin@magarach-institut.ru

**Abstract.** While discussing the establishment of scientific school of grapevine genetic resources, breeding and genetics in Russia, its formation is of undoubted scientific importance not by one individual only, but generally by studying and analyzing the contribution of generations of scientists in the country, focusing, as a baseline, on fundamental researches and stated theories of N.I. Vavilov. Analyzing the historical and modern stages of grape breeding methodology in conjunction with source material — genetic resources, and those determined by the specificity of pattern genome manifesting and inheriting genetically determined traits, it is necessary to highlight two aspects: the process of grape gene pool formation, the origin of individual varieties in the process of natural evolution, and task-oriented creation of new cultivars in the process of experimental evolution. Understanding of the methodology of grapevine natural morphogenesis in due course generated the methodology of targeted creation of new cultivars. Natural hybridization, natural mutagenesis and natural selection as initial methods of grapevine morphogenesis for generations of Russian scientists made it possible, using descriptive ampelography, to further move to directed hybridization, induced mutagenesis and induced polyploidization in combination with artificial selection. And only recently the transition from breeding at the organismal level to genome editing at the gene level became possible using modern bioengineering methods and various approaches to gene engineering.

**Keywords:** grapes, genetic resources, breeding, genetics, methodology

Описания ботанического разнообразия винограда сделаны исследователями еще до нашей эры. Об этом упоминается в греческих и римских источниках. Впервые термин «ампелография» (от греч. «ампелос» — виноград и «графос» — описание) применил польский ученый Филипп Яков Сакс в 1661 году, его считают основоположником ампелографии как науки. Ампелография — наука

о сортах и видах винограда, их классификации и систематике, о закономерностях изменчивости свойств под влиянием условий окружающей среды и антропогенного фактора сформировалась в XX веке в результате работ учеников Н.И. Вавилова. [6, 14]

Ампелографические исследования в России имеют давнюю историю и сложившиеся традиции, которые

берут начало со времен создания Никитского ботанического сада и института «Магарач». [2] Благодаря ученым ампелографам на протяжении двух столетий формировалась коллекция, которая по количеству образцов входит в число крупнейших в мире. Составлен и издан уникальный по объемам труд «Ампелография СССР», в томах которого дается 2801 описание и биолого-агрономическая характеристика сортов винограда. [9, 15]

Если рассматривать селекцию как искусственный отбор, то этот процесс начинался до нашей эры, когда из генофонда дикорастущего винограда целенаправленно отбирали формы, которые дошли до наших времен как автохтонные (аборигенные) сорта. Далее продолжалась генеративная гибридизация винограда. В России, начиная с XIX века, исследовали аборигенные сорта, в частности Крыма, и изучали местный дикорастущий виноград, его образцы до настоящего времени сохраняются в гербарии Никитского ботанического сада. [12]

История генеративной селекции в России начинается с Никитского ботанического сада, и продолжается в институте «Магарач». Первое целенаправленное скрещивание для улучшения сорта *Мурведь* (*Мурведь* х *Каберне Совиньон*) было сделано в 1828 году, позднее из этого генофонда отобраны *Мурведь Гуле* и *Мурведь Гаске* [1]. В 1927–1930 годах Н.В. Папоновым получен большой селекционный генофонд винограда, который был реализован только в 60-х годах, когда выделили сорта: *Бастардо магарачский*, *Рубиновый Магарача*, *Ранний Магарача* и другие. [5] На этом этапе развития селекции винограда исследования имели в большей степени эмпирический характер, не было научного обоснования в каких-либо селекционных программах.

#### Становление научной школы генетических ресурсов, селекции и генетики винограда в России

Формирование научной школы генетических ресурсов винограда (ампелография), селекции и генетики культуры начинается с работ Николая Ивановича Вавилова и его ученика Александра Михайловича Негруля во Всероссийском институте растениеводства (ныне Всероссийский институт генетических ресурсов имени Н.И. Вавилова). А.М. Негруль осуществил качественно новое направление исследований, развернув их от ботанического описания к разработке методических и практических вопросов селекции, широко-масштабной и научно-обоснованной мобилизации сортовых и видовых ресурсов как исходного материала, основательному изучению происхождения, эволюции и классификации культурного винограда. [13]

В 1940 году Н.И. Вавилов командирует А.М. Негруля в институт «Магарач», где уже в то время существовала старейшая и крупнейшая в СССР ампелографическая коллекция. С конца 1940 года А.М. Негруль — руководитель работ по подготовке материалов и составлению капитального коллективного труда «Ампелография СССР». В настоящее время в коллекции института «Магарач» собрано 4120 сортообразцов из многих регионов мира различного ботанического происхождения и генетической структуры. Только в ней сохранились в полном объеме автохтонные и местные сорта Крыма. Ценность этих образцов заключается в способности произрастать и давать урожай высокого качества в условиях засухи, на бедных каменистых почвах с высоким содержанием солей и извести. [14]

В 50-х годах XX века в институте «Магарач» исследования по генетическим ресурсам винограда, селекции и генетике культуры продолжились под руководством Павла Яковлевича Голодриги.

#### Результаты по систематике и классификации генетических ресурсов винограда вида *Vitis vinifera* L. в России

В конце 30-х годов XX века А.М. Негруль приступил к разработке генеалогической классификации сортов европейско-азиатского происхождения, которая значительно расширила знания по эволюции, генетике и биологии винограда. А.М. Негруль, как и Н.И. Вавилов, был сторонником монофилетического происхождения культурного европейско-азиатского винограда, родоначальной формой считал дикий лесной виноград *Vitis vinifera* ssp. *sylvestris* (C.C. Gmel.) Hegi, который сохранился с третичного периода и сейчас широко произрастает от Восточной Азии до Пиренейского полуострова. К этой точке зрения его привел большой фактический материал, собранный в ходе экспедиций. [13]

Сотрудники института «Магарач» (В.А. Волынкин, А.А. Полулях) подтвердили, что до настоящего времени в Крыму произрастают эндемичные реликтовые формы дикого лесного винограда *Vitis vinifera* ssp. *sylvestris* (рис. 1), некоторые автохтонные сорта происходят от этих разновидностей, что подтверждено на молекулярном уровне (см. таблицу). [4, 7, 14]

В результате исследований в XX и XXI веках нескольких поколений ученых России составлена классификация *Vitis vinifera* ssp. *sylvestris* (рис. 2). [3]

Согласно теории А.М. Негруля, все сорта *V. vinifera* подразделяются на три эколого-географические группы: восточная (*orientalis* Negr.), западноевропейская (*occidentalis* Negr.) и бассейна Черного моря (*pontica* Negr.). Классификацию А.М. Негруля признают во всем мире, она получила дальнейшее развитие и дополнена учеными института «Магарач» П.М. Грамотенко и Л.П. Трошиным (рис. 3). В честь Александра Михайловича назван столовый сорт винограда *Памяти Негруля*.

#### Результаты по селекции и генетике винограда в России

В 1936 году А.М. Негрулем была опубликована монография «Генетические основы селекции винограда». Далее формирование селекции винограда как науки проходило в институте «Магарач» и связано с постановкой научных целей и направлений П.Я. Голодригой, который в течение 50...60-х годов сотрудничал

Аллели ядерных SSR-локусов дикорастущих образцов винограда Крыма

| Лocus   | Размер аллелей                                                       | Число аллелей |
|---------|----------------------------------------------------------------------|---------------|
| VVS2    | 133, 135, 141, 143, 145, 147, 149, 151, 153, 155, 157, 165           | 12            |
| VVMD5   | 220, 226, 228, 230, 232, 234, 236, 238, 240, 242, 244, 248, 268      | 13            |
| VVMD7   | 233, 239, 243, 247, 249, 251, 257, 259, 261, 263, 265                | 11            |
| VVMD25  | 237, 239, 241, 247, 249, 251, 255, 257, 259, 261, 265, 267           | 12            |
| VVMD27  | 176, 180, 182, 184, 186, 188, 190, 192, 194, 214                     | 10            |
| VVMD28  | 216, 228, 234, 236, 244, 246, 248, 252, 254, 258, 264, 266, 268, 270 | 14            |
| VVMD32  | 234, 240, 248, 250, 252, 256, 258, 260, 262, 264, 272                | 11            |
| VrZAG62 | 186, 188, 194, 196, 200, 202, 204, 216                               | 8             |
| VrZAG79 | 237, 243, 247, 249, 251, 255, 257, 259                               | 8             |

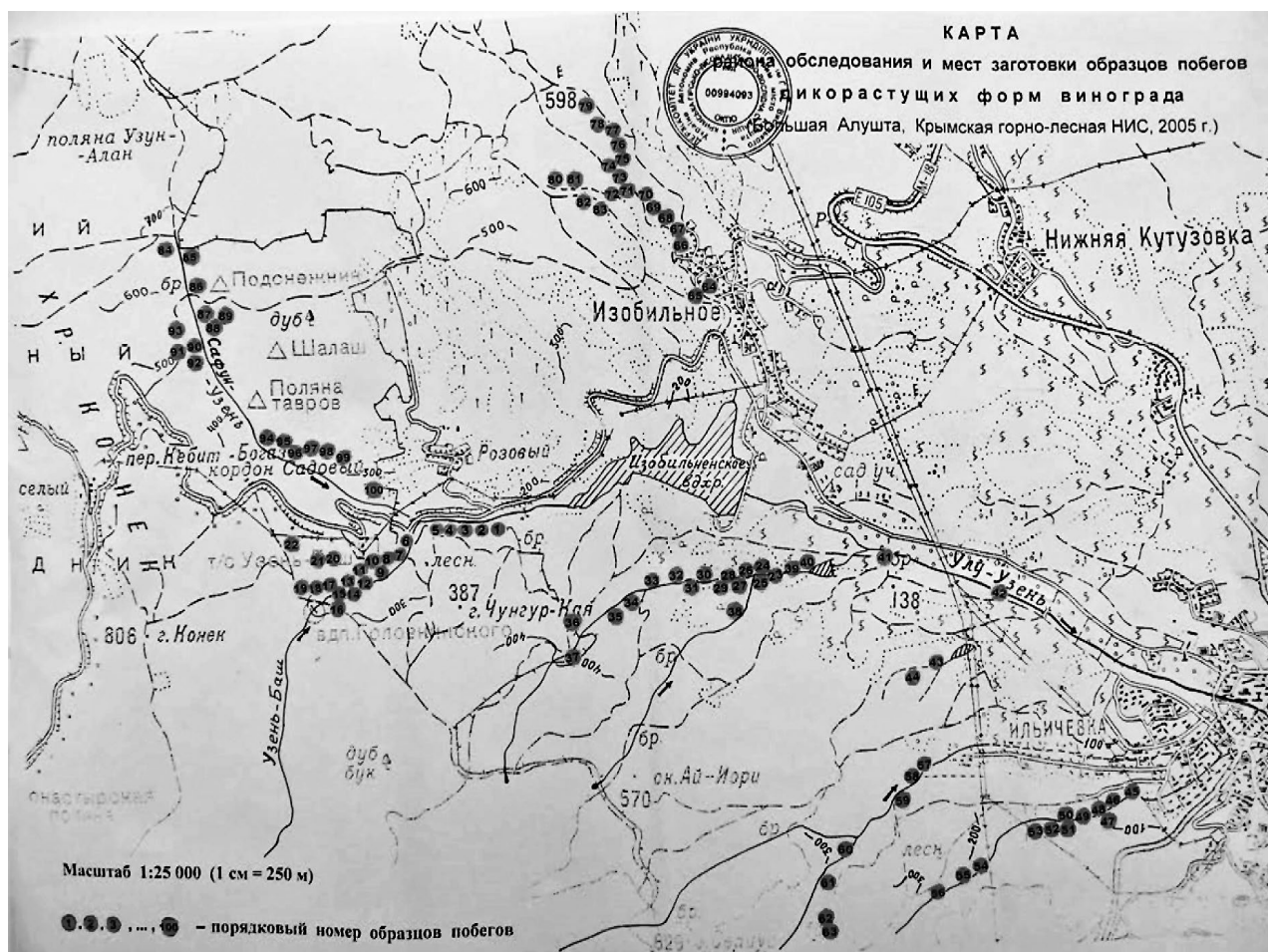


Рис. 1. Распространение форм *Vitis vinifera* ssp. *sylvestris* в бассейне реки Улу-Узень (Крым, г. Алушта, 2006 год).

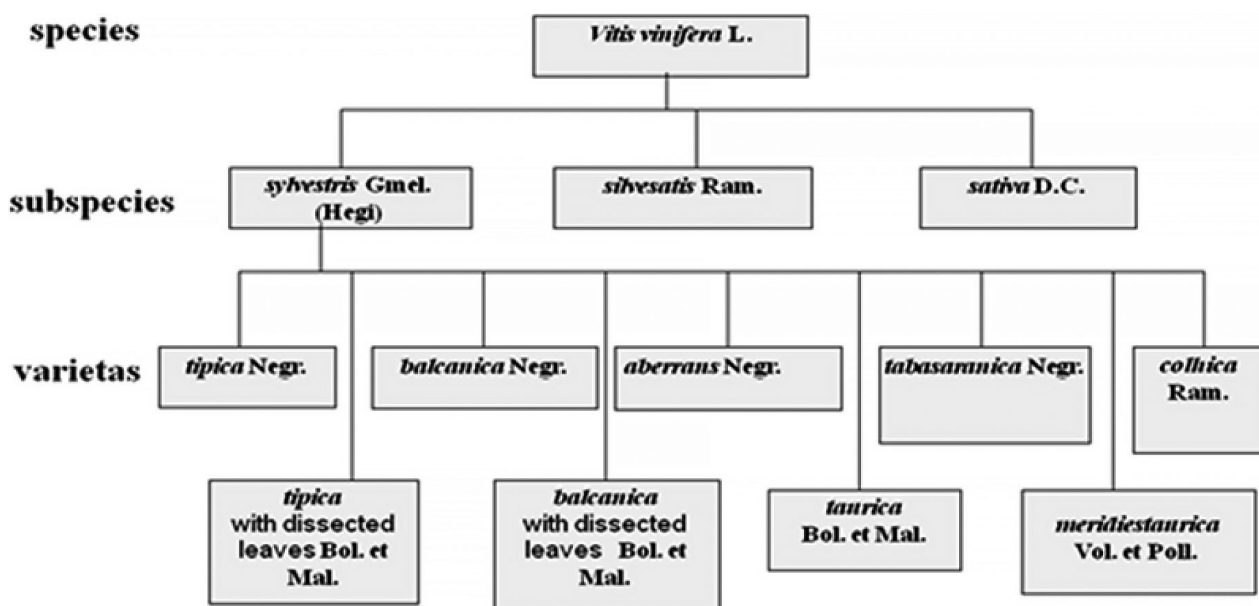


Рис. 2. Современная классификация реликтового дикого лесного винограда Крыма *Vitis vinifera* ssp. *sylvestris* Gmel (Hegi).

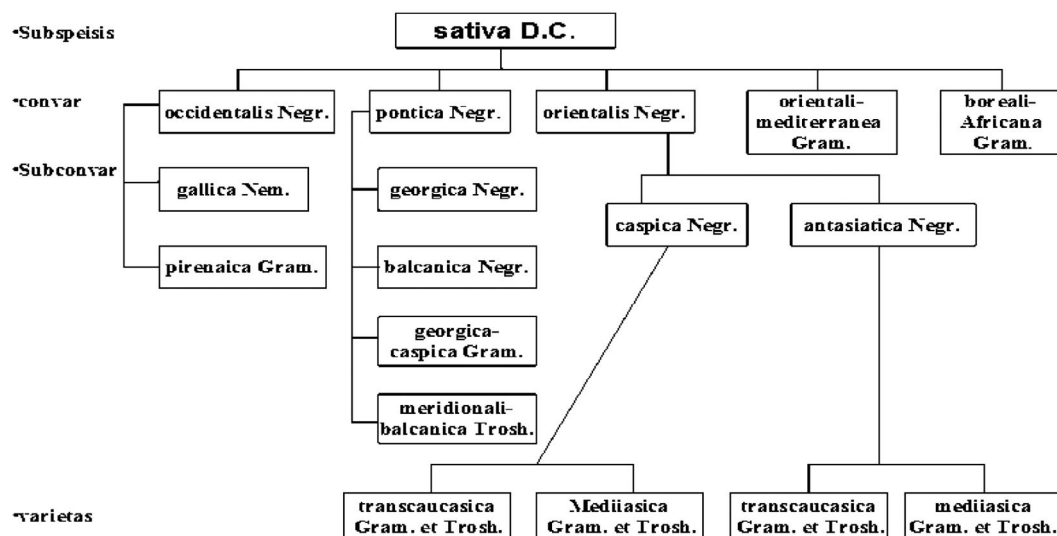


Рис. 3. Классификация *Vitis vinifera* ssp. *sativa* D.C. А.М. Негруля, дополненная учеными института «Магарач».

с А.М. Негрулем и был продолжателем его научных взглядов и теорий Н.И. Вавилова. П.Я. Голодрига — основатель научной школы селекции и генетики винограда в Институте «Магарач». Развивая теорию Н.И. Вавилова о центрах происхождения культурных растений, П.Я. Голодрига отводил в селекции винограда значимую роль генетическим ресурсам культуры из различных эколого-географических регионов виноградарства на планете, пополняя ампелографическую коллекцию института «Магарач», в том числе лично участвуя в экспедициях. [5]

Под его руководством выводили новые сорта по направлениям: селекция на раннеспелость; использование инцухта; устойчивость к морозу; бессемянность; групповая устойчивость к болезням и вредителям; мутагенез и полиплоидия; селекция на химические компоненты вина; количественная генетика; применение физиолого-биохимических и биофизических методов диагностики при селекционном отборе; использование культуры тканей *in vitro*; испытание селекционного генофонда методом микровиноделия. [9]

Были выведены сорта *Аврора Магарача* (индуцированный мутагенез) и *Поливитис Магарача* (полиплоид) (рис. 4, 2-я стр. обл.).

Большой вклад П.Я. Голодрига внес в совершенствование методов селекционного процесса, используя в своих работах идеи и методы из отдаленных областей наук. Для ускорения оценки генотипической изменчивости гибридных семян были разработаны экспресс-методы, в основе которых лежало выявление коррелятивных зависимостей между биохимическими, физиологическими и хозяйственно ценными признаками. Например, диагностика морозоустойчивости растения по соотношению форм воды и величине импеданса тканей, сверхслабому свечению листьев и другие. Под руководством П.Я. Голодриги сотрудниками отдела были изучены физиолого-биохимические критерии морозоустойчивости, раннеспелости, филлоксероустойчивости. [5, 6, 9]

Творческое наследие профессора П.Я. Голодриги успешно развивается его учениками и последователями. Павел Яковлевич не успел осуществить все задуманное, но его научные труды служат теоретической базой для дальнейшего развития селекции, генетики и биотехнологии винограда, имеют современное теоретико-методологическое и практическое значение.

В честь ученого назван винный сорт винограда с окрашенным соком *Памяти Голодриги*.

В институте «Магарач» успешно развивается клонная селекция, которая предполагает отбор клонов, сформированных в естественном генофонде винограда в процессе естественного мутагенеза. [8]

#### Селекция комплексноустойчивых сортов винограда

Создание сортов винограда с групповой устойчивостью (комплексноустойчивые) — это продолжение и развитие учения об иммунитете растений, его генетической природе, основоположником которого был Н.И. Вавилов. Отечественная селекция сортов винограда, обладающих комплексом характеристик высокой продуктивности, качества продукции и комплексной устойчивости начинается с момента, когда Николай Иванович Вавилов привез первоначальный исходный материал винограда из экспедиции и высадил его на опытном участке в районе Якорной Щели под г. Сочи. Одна из этих форм — *Сочинский черный*, отобранная П.Я. Голодригой, стала прародителем всех комплексноустойчивых сортов винограда России.

Селекция винограда в институте «Магарач», пройдя через этап комбинированных генов в пределах *Vitis vinifera* L., базируется на сочетании генов продуктивности и устойчивости генофонда рода *Vitis* L., используя сорта и формы как подрода *Euvitis*, так и *Muscadinia* (*Vitis rotundifolia*). Параллельно формировались и научные закономерности проявления и наследования, генетически детерминированных признаков у винограда, в том числе устойчивости к патогенам.

Общие генетически детерминированные закономерности селекции сортов винограда, устойчивых к комплексу возбудителей, изучены традиционными методами, основанными на гибридологическом анализе. Патогены принципиально различались по своей биологической природе и отношению к растению винограда как растению-хозяину. Устойчивость исходных форм и их комбинационная способность выступают

факторами, лежащими в основе устойчивости потомства (рис. 5). Отцовская форма влияет на устойчивость потомства к *Plasmopara viticola*. На рисунках 5б и 5в показан синергизм влияния отцовской и материнской форм на устойчивость к *Erysiphe necator* и *Botrytis cinerea*, при этом он более выражен к *Botrytis cinerea*.

Для выращивания сортов винограда с незначительными профилактическими защитными обработками достаточный уровень полевой устойчивости. Можно сделать вывод, что этот уровень достигнут и можно получить такой же к комплексу возбудителей в одном генотипе, а закономерности наследования устойчивости винограда не зависят от различий патогенов.

#### Результаты подтверждения экспериментальным путем процессов естественной эволюции

Развитие биологических наук и биотехнологий позволяет создавать формы растений, которые не удавалось вывести ранее, используя только традиционный метод генеративной гибридизации, при использовании биологического потенциала самих растений. Если виды подрода *Euvitis* скрещиваются между собой легко, то получить гибриды между видом *V. vinifera* (подрод *Euvitis*, 38 хромосом) и *V. rotundifolia* Michaux (подрод *Muscadinia*, 40 хромосом) удалось с большим трудом. Цель исследований — выведение методом аллотетраплоидии межродовых гибридов в пределах семейства *Vitaceae*. Поскольку в качестве материнских форм были включены в гибридизацию сорта *V. Vinifera* L. с нерасчлененным листом и обладающие функционально жен-

ским типом цветка, то можно утверждать, что лист гибриды унаследовали от отцовской родительской формы (рис. 6). Впервые в мире получены межродовые гибриды винограда.

#### Современные селекционно-генетические исследования в институте «Магарах»

Работа по формированию новых геномов винограда базируются на сочетании методов генеративной гибридизации, индуцированного мутагенеза, полиплоидии, методов биотехнологии, соматического эмбриогенеза и маркер ассоциированной селекции (рис. 7, 2-я стр. обл.). [9–11]

Аутентичность виноградарства и виноделия России поддерживается на основе новых селекционных сортов института «Магарах», сочетающих достоинства автохтонных сортов с устойчивостью к био- и абиотическим факторам биосферы, обладающих обоим типом цветка (рис. 8, 2-я стр. обл.).

**Выводы.** Представленный в статье материал позволяет проанализировать формирование научной школы генетических ресурсов, селекции и генетики винограда в России от Н.И. Вавилова. Развитие ампелогрфии как науки выявляет естественную изменчивость, отражающую процессы эволюции, накопление этих знаний помогло перейти к целенаправленной гибридизации, формировать в процессе экспериментальной эволюции частную генетику винограда и более успешно вести генеративную гибридизацию для выведения новых сортов культуры.

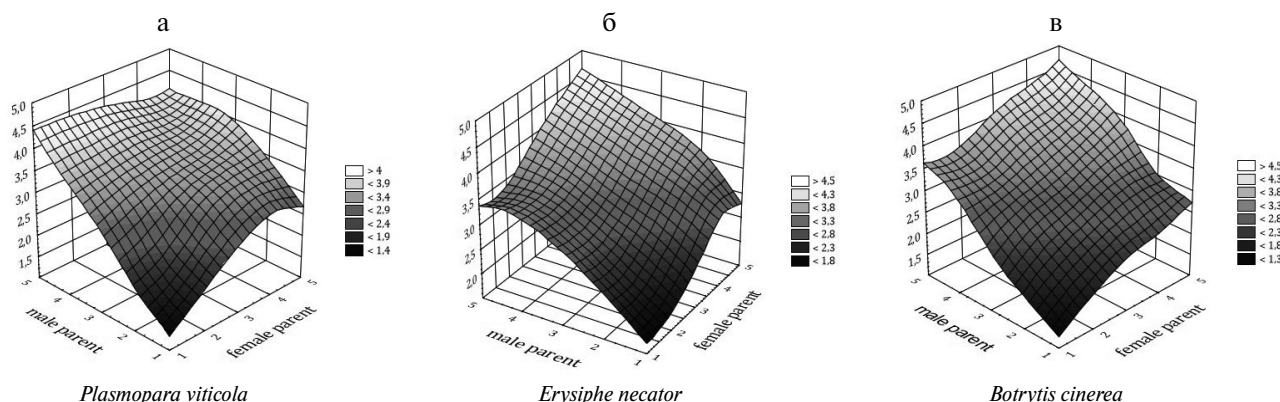


Рис. 5. Изменчивость устойчивости винограда у потомства F1 в зависимости от устойчивости исходных генотипов к различным патогенам.

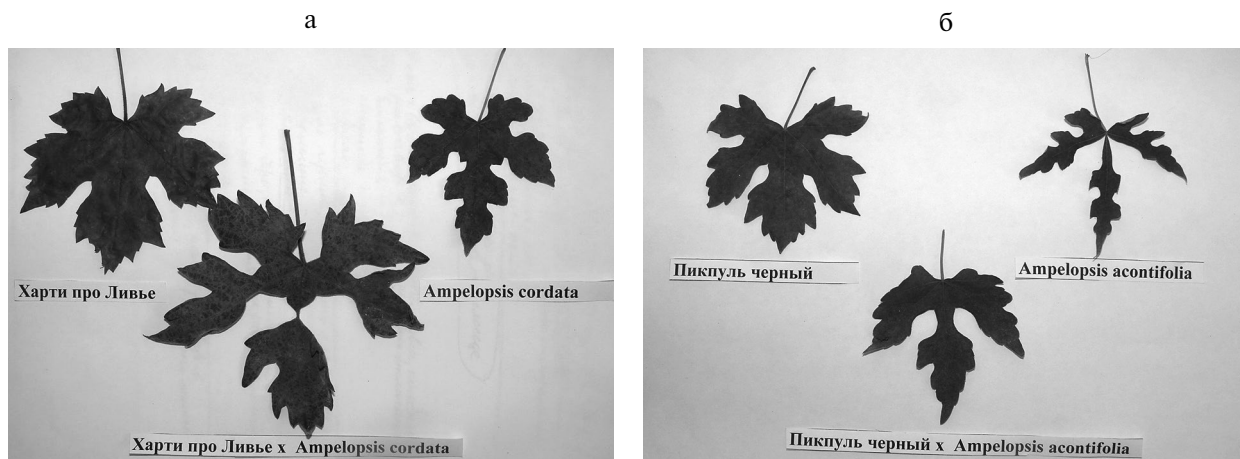


Рис. 6. Листья исходных родительских форм Харти про Ливье и Ampelopsis cordata (а), Пикпуть черный и Ampelopsis acontifolia (б) и семян, полученных в результате их гибридизации.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Авидзба А.М. Эволюция исследований по проблемам ампелографии, генетики и селекции винограда в институте винограда и вина «Магарач» с XIX века. // Магарач. Виноградарство и виноделие. 2015. № 3. С. 3–7.
2. Авидзба А.М., Волынкин В.А., Лиховской В.В. и др. Мировые ампелографические коллекции ННИИВиВ «Магарач» и СКЗНИИСиВ // Научный журнал КубГАУ. 2015. № 110(06). С. 1–27. Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2015/06/pdf/96.pdf>. (дата обращения 10.04.2024).
3. Волынкин В.А., Полулях А.А., Котоловец З.В. Современная трактовка систематики диких форм и аборигенных сортов винограда по признакам ампелографии // Интерактивная ампелография и селекция винограда. Сб. мат. Межд. симпозиума. 20–22 сентября 2011, г. Краснодар. 2012. С. 31–43.
4. Волынкин В.А., Полулях А.А. Современное представление о систематике винограда // «Магарач». Виноградарство и виноделие. 2018. № 4. С. 16–18.
5. Голодрига П.Я. Совершенствование сортимента и методов селекции винограда // Сельскохозяйственная биология. 1972. № 5. С. 643–652.
6. Голодрига П.Я. Сохранение генофонда винограда и пути его использования в селекционной работе // Сельскохозяйственная биология. 1984. № 5. С. 26–34.
7. Гориславец С.М., Рисованная В.И., Волков Я.А. и др. Поиск и оценка дикорастущих форм винограда, произрастающих на территории Ялтинского горнолесного природного заповедника, с использованием молекулярных маркеров // Магарач. Виноградарство и виноделие. 2017. № 1. С. 19–21.
8. Клименко В.П. Генетическая интерпретация клоновой селекции винограда // Магарач Виноградарство и виноделие, 2019. 21(4). С. 282–288. <https://doi.org/10.35547/IM.2019.21.4.001>
9. Лиховской В.В., Волынкин В.А., Полулях А.А. и др. Методология селекции винограда: история, современность и будущее // Виноградарство и виноделие: Сб. науч. тр. ФГБУН «ВНИИВиВ “Магарач” РАН». Т. 49. Ялта, 2020. С. 14–17.
10. Лиховской В.В., Зленко В.А., Хватков П.А. и др. Биотехнологические и молекулярно-генетические методы в селекции винограда // Садоводство и виноградарство. 2022. № 6. С. 5–15. <https://doi.org/10.31676/0235-2591-2022-6-5-15>
11. Лиховской В.В., Зленко В.А., Спотарь Г.Ю., Клименко В.П. Новые технологии генетической трансформации винограда // Российские нанотехнологии. 2023. Т. 18. № 3. С. 393–396. <https://doi.org/10.56304/S1992722323030068>
12. Маликов А.В. К истории изучения дикорастущего винограда Крыма. // Виноградарство и виноделие. Сборник научных трудов. 2020. Т. 49. С. 62–64.
13. Негруль А.М. Виноградарство с основами ампелографии и селекции. Изд. 3-е, испр. и доп. М.: Гос. изд.-во сельхоз. лит-ры, 1959. 398 с.
14. Полулях А.А., Волынкин В.А. Мировая ампелографическая коллекция Национального института винограда и вина «Магарач» // Виноградарство и виноделие: Сб. науч. тр. НИВиВ «Магарач». Ялта, 2014. С. 5–10.
15. Трошин Л.П., Панкин М.И., Лиховской В.В. и др. Истории создания ампелографических коллекций юга России: монография под общ. ред. профессора Л.П. Трошина. Краснодар: КубГАУ, 2023. 194 с. ISBN 978-5-93856-754-2

## REFERENCES

1. Avidzba A.M. Evolyuciya issledovanij po problemam ampelografii, genetiki i selekcii vinograda v institute vinograda i vina «Magarach» s XIX veka. // Magarach. Vinogradarstvo i vinodelie. 2015. № 3. S. 3–7.
2. Avidzba A.M., Volynkin V.A., Lihovskoj V.V. i dr. Mirovye ampelograficheskie kolekcii NNIIViV “Magarach” i SKZNIISiV // Nauchnyj zhurnal KubGAU. 2015. № 110(06). S. 1–27. Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2015/06/pdf/96.pdf>. (data obrashcheniya 10.04.2024).
3. Volynkin V.A., Polulyah A.A., Kotolovec’ Z.V., Sovremennaya traktovka sistematiki dikih form i aborigennykh sortov vinograda po priznakam ampelografii // Interaktivnaya ampelografiya i selekciya vinograda. Sb. mat. Mezhd. simpoziuma. 20–22 sentyabrya 2011, g. Krasnodar. 2012. S. 31–43.
4. Volynkin V.A., Polulyah A.A. Sovremennoe predstavlenie o sistematike vinograda // «Magarach». Vinogradarstvo i vinodelie. 2018. № 4. S. 16–18.
5. Golodriga P.Ya. Sovershenstvovanie sortimenta i metodov selekcii vinograda // Sel’skhozaystvennaya biologiya. 1972. № 5. S. 643–652.
6. Golodriga P.Ya. Sohranenie genofonda vinograda i puti ego ispol’zovaniya v selekcionnoy rabote // Sel’skhozaystvennaya biologiya. 1984. № 5. S. 26–34.
7. Gorislavec S.M., Risovannaya V.I., Volkov Ya.A. i dr. Poisk i ocenka dikorastushchih form vinograda, proizrastayushchih na territorii Yaltinskogo gornolesnogo prirodnogo zapovednika, s ispol’zovaniem molekulyarnykh markerov // Magarach. Vinogradarstvo i vinodelie. 2017. № 1. S. 19–21.
8. Klimenko V.P. Geneticheskaya interpretaciya klonovoy selekcii vinograda // Magarach. Vinogradarstvo i vinodelie, 2019. 21(4). S. 282–288. <https://doi.org/10.35547/IM.2019.21.4.001>
9. Lihovskoj V.V., Volynkin V.A., Polulyah A.A. i dr. Metodologiya selekcii vinograda: istoriya, sovremennost’ i budushchee // Vinogradarstvo i vinodelie: Sb. nauch. tr. FGBUN “VNIIViV ‘Magarach’ RAN”. T. 49. Yalta, 2020. S. 14–17.
10. Lihovskoj V.V., Zlenko V.A., Hvatkov P.A. i dr. Biotekhnologicheskie i molekulyarno-geneticheskie metody v selekcii vinograda // Sadovodstvo i vinogradarstvo. 2022. № 6. S. 5–15. <https://doi.org/10.31676/0235-2591-2022-6-5-15>
11. Lihovskoj V.V., Zlenko V.A., Spotar’ G.Yu., Klimenko V.P. Novye tekhnologii geneticheskoy transformacii vinograda // Rossijskie nanotekhnologii. 2023. T. 18. № 3. S. 393–396. <https://doi.org/10.56304/S1992722323030068>
12. Malikov A.V. K istorii izucheniya dikorastushchego vinograda Kryma // Vinogradarstvo i vinodelie. Sbornik nauchnykh trudov. 2020. T. 49. S. 62–64.
13. Negrul’ A.M. Vinogradarstvo s osnovami ampelografii i selekcii. Izd. 3-e, ispr. i dop. M.: Gos. izd.-vo sel’hoz. lit-ry, 1959. 398 s.
14. Polulyah A.A., Volynkin V.A. Mirovaya ampelograficheskaya kolekciya Nacional’nogo instituta vinograda i vina “Magarach” // Vinogradarstvo i vinodelie: Sb. nauch. tr. NIViV “Magarach”. Yalta, 2014. S. 5–10.
15. Troshin L.P., Pankin M.I., Lihovskoj V.V. i dr. Istoriya sozdaniya ampelograficheskikh kolekcij yuga Rossii: monografiya pod obshch. red. professora L.P. Troshina. Krasnodar: KubGAU, 2023. 194 s. ISBN 978-5-93856-754-2

Поступила в редакцию 28.05.2024

Принята к публикации 11.06.2024



## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ УРОЖАЙНОСТИ ЯБЛОНИ НА ПОДВОЕ 62-396

Вячеслав Леонидович Захаров, доктор сельскохозяйственных наук, профессор  
Сергей Сергеевич Бунеев, кандидат физико-математических наук  
Сергей Юрьевич Шубкин, кандидат технических наук, доцент  
Борис Александрович Сотников, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент  
Владимир Александрович Кравченко, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент  
ФГБОУ ВО «Елецкий государственный университет имени И.А. Бунина», г. Елец, Россия  
E-mail: zaxarov7979@mail.ru

**Аннотация.** Выделены наиболее значимые почвенные параметры для формирования урожайности сортов яблони на карликовом подвое 62-396, построена математическая модель для прогнозирования урожайности плодов в условиях Центрального Черноземного региона Российской Федерации. Исследования проводили в 2004–2022 годах на промышленных насаждениях яблони в возрасте полного плодоношения в двух хозяйствах Липецкой области и восьми Тамбовской. Изучено семь типов почв. На основании статистического анализа получена математическая модель урожайности яблони как аналитическая зависимость от трех факторов. Представлена геометрическая интерпретация регрессионной модели с помощью системы символьной математики Mathcad в виде поверхностей отклика и соответствующих им линий уровня. Даны практические рекомендации по выбору рациональных параметров внутри интервалов варьирования факторов.

**Ключевые слова:** яблоня, гумус, плотность почвы, прогнозирование урожая

## MATHEMATICAL MODEL FOR PREDICTING THE YIELD OF APPLE TREES ON ROOTSTOCK 62-396

V.L. Zakharov, *Grand PhD in Agricultural Sciences, Professor*  
S.S. Buneev, *PhD in Physical and Mathematical Sciences*  
S.Yu. Shubkin, *PhD in Engineering Sciences, Associate Professor*  
B.A. Sotnikov, *PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor*  
V.A. Kravchenko, *PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor*  
Bunin Yelets State University (YelSU), Yelets, Russia  
E-mail: zaxarov7979@mail.ru

**Abstract.** Traditionally, forecasting apple tree yields was carried out on the basis of statistics of already obtained long-term yield dynamics or based on generative formations formed on the tree. The purpose of the work is to identify the most significant soil parameters for the formation of the apple tree varieties yield on the dwarf rootstock 62-396 and to build a mathematical model for predicting fruit yield in the conditions of the Central Chernozem region of the Russian Federation. Field research was carried out in 2004–2022 in industrial apple tree plantations at the age of full fruiting in the Lipetsk (two farms) and Tambov (eight farms) regions. Seven horticultural soil types have been studied. Based on statistical analysis, a mathematical model of apple tree productivity was obtained in the form of an analytical dependence on three factors. A geometric interpretation of the regression model is given using the Mathcad symbolic mathematics system in the form of response surfaces and the corresponding level lines. Practical recommendations are given for choosing rational parameters within selected intervals of factor variation.

**Keywords:** apple tree, humus, soil density, crop forecasting

На формирование урожайности яблони влияет комплекс почвенных параметров. В овражном районе Лессового плато Северного Китая лимитирующий фактор урожайности яблони — влажность почвы. [20] Для этого региона были определены критические пороговые значения pH, содержания органического вещества, доступного азота, фосфора и калия, на основе которых стало возможным корректировать систему удобрений. [23] Урожайность яблони зависит от плотности почвы, ее гранулометрического состава, наличия органического вещества и прочих почвенных параметров. [11, 19, 21] Содержание бора определяет процент завязывания плодов, азота — макроэлементный состав листьев и плодов, фосфора — нормализует стабильность клеточных мембран, препятствует межклеточному наливу плодов, повышает их устойчивость к потемнению и способствует увеличению антиоксидантов. [8, 15] Рост количества калия в почве приводит

к уменьшению процента кальция в листьях и плодах яблони, но увеличивает урожайность последних, содержание в них сахаров и сохранность. [7] На примере сорта *Лодо* и *Жигулевское* в условиях Тамбовской области было доказано, что снижение поступления калия в растение делает более доступным почвенный калий, способствующий увеличению его содержания в листьях и твердости плодов. [5, 10] Большое количество дрожжей и полезных бактерий в почве способствует хорошей гумусированности и ускоряет фотосинтез яблони, увеличение кислотности почвы приводит к повышению содержания марганца в листьях. [12, 13] Содержание цинка, марганца и бора в яблоках и листьях прямо пропорционально концентрации этих элементов в питательном растворе. [9]

Традиционно урожайность яблони прогнозировали по ее многолетней динамике или исходя из сформированных на дереве генеративных образований.

Рассчитать урожайность можно по проценту плодовых образований в общей структуре ветвей или обработав фотографии кроны с помощью искусственной нейронной сети, а также по сорто-подвойным комбинациям. [14] Есть фотокамеры, позволяющие по величине кроны и диаметру яблок точно определить урожайность яблони. [1, 4, 16–18, 22] Машинное зрение распознает степень плодовой нагрузки и калькулирует ожидаемый урожай. [6] Построена модель на метео-данных, помогающая оценить степень повреждения деревьев яблони. [2] Создан программный инструмент Crop Advisor, прогнозирующий урожайность яблони с помощью климатических параметров. [11] В Калифорнии, с учетом нескольких неизменных параметров почвы по данным шести округов, разработали компьютерную модель для вычисления урожайности яблони. [3]

Цель работы – выделить наиболее значимые почвенные параметры для формирования урожайности сортов яблони на карликовом подвое 62-396, построить математическую модель для ее прогнозирования в условиях Центрального Черноземного региона РФ.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Полевые опыты проводили в 2004–2022 годах на промышленных насаждениях яблони (возраст полного плодоношения) в двух хозяйствах Липецкой области и восьми Тамбовской. Система содержания междурядий – черный пар. Сорта *Мелба*, *Мантет*, *Первенец*, *Синап Орловский*, *Северный Синап*, *Лобо*, *Жигулевское*, *Уэлси*, *Пепин шафранный*, *Веньяминовское*, *Строевское*, *Богатырь*, *Победа*, *Антоновка обыкновенная*, *Беркутовское*. Подвой – 62-396. Схема размещения деревьев – 5 × 3 м. Почвы – чернозем оподзоленный, выщелоченный, типичный, лугово-черноземная, черноземно-луговая, серая лесная, дерново-подзолистая. На каждом из типов почв было по 24 учетных дерева, шесть в блоке. Расположение блоков – рендомизированное. Учитывали урожай по методическим указаниям Ю.А. Маркова. Агрохимические анализы почвы выполняли в научно-исследовательской лаборатории Елецкого государственного университета имени И.А. Бунина по инструкции ЦИНАО, физические параметры – термостатно-весовым и объемно-весовым методами. Полученные данные математически обрабатывали методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову, корреляционный анализ осуществляли в программе Microsoft Excel.

В исследовании применяли симметричные ротационные композиционные планы второго порядка, состоящие из ядра и звездных точек.

В качестве основных факторов, оказывающих наиболее значительное воздействие на урожайность – у, были выбраны:  $X_1$  – плотность почвы,  $X_2$  – мощность гумусового горизонта и  $X_3$  – процентное содержание гумуса. Характеристики планирования сведены в таблицу.

Для формализации задачи исследования, факторы были закодированы с помощью выражения:

$$x_i = \frac{X_i - X_{0i}}{\Delta}, \quad (1)$$

где  $x_i$  – кодированное значение фактора, верхний уровень – 1, нижний – минус 1, центр – 0;  $X_i$  – натуральное значение фактора;  $X_{0i}$  – натуральное значение фактора на нулевом уровне;  $\Delta$  – натуральное значение интервала варьирования.

## Характеристики планирования

| Показатель                               | Min<br>(–1) | Max<br>(+1) | Интервал варьирования<br>$\Delta = \frac{X_j^{\max} - X_j^{\min}}{2}$ |
|------------------------------------------|-------------|-------------|-----------------------------------------------------------------------|
| Плотность почвы в слое 0...100 см, г/см³ | 0,3         | 1,8         | 1,05                                                                  |
| Мощность гумусового горизонта, см        | 10          | 100         | 55                                                                    |
| Гумус в слое 0...100 см                  | 0,5         | 9           | 4,75                                                                  |

Результат планирования второго порядка – адекватное квадратичное уравнение:

$$y(x_1, \dots, x_k) = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i x_i + \sum_{\substack{i,j=1 \\ i \neq j}}^k b_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^k b_{ii} x_i^2. \quad (2)$$

где  $b_0$  – свободный член,  $b_i$  – линейные эффекты,  $b_{ij}$  – эффекты парного взаимодействия,  $b_{ii}$  – квадратичные эффекты.

При этом часть статистически незначимых членов в конечное уравнение не включается. Данные обрабатывали с использованием пакета символьной математики Mathcad.

Рассчитали коэффициенты регрессии из зависимостей:

$$\begin{aligned} b_0 &= \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \bar{y}_j, \\ b_i &= \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N x_{ji} \bar{y}_j, \\ b_{ii} &= \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N x_{ji}^2 \bar{y}_j. \end{aligned} \quad (3)$$

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Получили математическую модель урожайности в виде уравнения регрессии, которая представляет собой полином второго порядка:

$$\begin{aligned} y(x_1, x_2, x_3) &= 27,55 + 26,8x_1 - 0,05x_2 + \\ &+ 0,03x_2x_3 - 6,11x_3 - 12,2x_1^2 + 0,42x_3^2. \end{aligned} \quad (4)$$

Графическое изображение поверхностей отклика и соответствующие им линии уровня представлено на рисунках 1–3, 4-я стр. обл.

**Выводы.** На основании статистического анализа получена математическая модель урожайности яблони как аналитическая зависимость от трех факторов. Представлена геометрическая интерпретация регрессионной модели с помощью системы символьной математики Mathcad в виде поверхностей отклика и соответствующих им линий уровня. Даны практические рекомендации по выбору рациональных параметров внутри интервалов варьирования факторов.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Anderson N.T., Walsh K.B., Wulfsohn D. Technologies for forecasting tree fruit load and harvest timing – from ground, sky and time // *Agronomy*. 2021. Vol. 11. No. 7. PP. 1409.
2. Baraer M., Madramootoo C.A., Mehdi B.B. Evaluation of winter freeze damage risk to apple trees in global warming projections // *Transactions of the ASABE*. 2010. Vol. 53. No. 5. PP. 1387–1397.
3. Chaudhary M., Nassar L., Karray F. Deep Learning Approach for Forecasting Apple Yield using Soil Parameters // *IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC)*. IEEE, 2021. PP. 844–850.
4. Cheng H. et al. Early yield prediction using image analysis of apple fruit and tree canopy features with neural networks // *Journal of Imaging*. 2017. Vol. 3. No. 1. PP. 6.
5. Danner M.A., Scariotto S., Citadin I. et al. Calcium sources applied to soil can replace leaf application in 'Fuji' apple tree // *Soil Science. Pesqui. Agropecu.* 2015. No. 45 (3).
6. D'yakov A.B., Ragavtseva I.A., Efimova I.L., Domozhirova V.V. The models for estimation of a combining ability of varieties and rootstocks to forecast yielding in apple trees // *Agricultural biology*. 2014. No. 5. PP. 55–65.
7. Ernani P.R., Dias J., Flore J.A. Annual additions of potassium to the soil increased apple yield in brazil // *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 2002. Vol. 33. Issue 7–8. PP. 1291–1304.
8. Kowalczyk W., Wrona D., Przybyłko S. Effect of Nitrogen Fertilization of Apple Orchard on Soil Mineral Nitrogen Content, Yielding of the Apple Trees and Nutritional Status of Leaves and Fruits // *Agriculture*. 2022. No. 12 (12). 2169.
9. Kurešová G., Menšík L., Haberle J., Svoboda S., Raimanová I. Influence of foliar micronutrients fertilization on nutritional status of apple trees // *Plant Soil Environ.* 2019. No. 65 (6). PP. 320–327.
10. Kuzin A.I., Kashirskaya N.Ya., Kochkina A.M., Kushner A.V. Correction of Potassium Fertigation Rate of Apple Tree (*Malus domestica* Borkh.) in Central Russia during the Growing Season // *Plants*. 2020. No. 9 (10). PP. 1366.
11. Milosevic T., Milosevic M. The effect of zeolite, organic and inorganic fertilizers on soil chemical properties, growth and biomass yield of apple trees // *Plant Soil Environ.* 2009. No. 55. PP. 528–535.
12. Mosa W.F., Paszt L.S., Frac M. et al. The influence of biofertilization on the growth, yield and fruit quality of cv. Topaz apple trees. *Hort. Sci. (Prague)*. 2016. No. 43. PP. 105–111.
13. Nazarko M., Lobanov V., Kasyanov G., Romanets I. Advantages of Growing and Storing of Organic Apples // *Series: Advances in Social Science, Education and Humanities Research. Proceedings of the International Scientific Conference The Fifth Technological Order: Prospects for the Development and Modernization of the Russian Agro-Industrial Sector (TFTS 2019)*. 2020. Vol. 393. PP. 124–129.
14. Nedeljković M., Potrebić V. Forecasting of apple production in the Republic of Srpska // *Western Balkan Journal of Agricultural Economics and Rural Development (WBJAERD)*. 2020. Vol. 2. No. 2322–2020–1498. PP. 21–29.
15. Nielsen G.H., Nielsen D., Toivonen P., Herbert L. Annual Bloom-time Phosphorus Fertigation Affects Soil Phosphorus, Apple Tree Phosphorus Nutrition, Yield, and Fruit Quality // *American Society for Horticultural Science*. 2008. Vol. 43. Issue 3. PP. 885–890.
16. Rozman C., Cvelbar U., Tojnko S. et al. Application of Neural Networks and Image Visualization for Early Forecast of Apple Yield // *Erwerbs-Obstbau*. 2012. Vol. 54. No. 2. PP. 1–8.
17. Stajanko D., Lakota M., Hočevar M. Estimation of number and diameter of apple fruits in an orchard during the growing season by thermal imaging // *Computers and Electronics in Agriculture*. 2004. Vol. 42. No. 1. PP. 31–42.
18. Stajanko D., Rakun J., Blanke M. Modelling Apple Fruit Yield Using Image Analysis for Fruit Colour, Shape and Texture // *European journal of horticultural science*. 2009. Vol. 74. No. 6. PP. 260–267.
19. Wrona D. Response of young apple trees to nitrogen fertilization, on two different soils // *ISHS Acta Horticulturae. V International Symposium on Mineral Nutrition of Fruit Plants*. 2006. Vol. 721. PP. 19.
20. Yi Z., Yong-sheng X., Ming-de H., Xiao-yan S. Effects of different patterns surface mulching on soil properties and fruit trees growth and yield in an apple orchard // *Yingyong Shengtai Xuebao*. 2010. Vol. 21. Issue 2. PP. 279–286.
21. Yang L., Maosheng G., Wei W. et al. The effects of conservation tillage practices on the soil water-holding capacity of a non-irrigated apple orchard in the Loess Plateau, China // *Soil and Tillage Research*. 2013. Vol. 130. PP. 7–12.
22. Zhang C., Yang G., Jiang Y. et al. Apple Tree Branch Information Extraction from Terrestrial Laser Scanning and Backpack-LiDAR. *Remote Sensing*. 2020. No. 12 (21). PP. 3592.
23. Zhao J. et al. Long-term changes in soil chemical properties with cropland-to-orchard conversion on the Loess Plateau, China: Regulatory factors and relations with apple yield // *Agricultural Systems*. 2023. Vol. 204. PP. 103–562.

Поступила в редакцию 12.11.2023

Принята к публикации 26.11.2023

## БИОЛОГИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ ДВУХЧАСТОТНОГО ЛАЗЕРНОГО ИМПУЛЬСНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПРИ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКЕ СЕМЯН РИСА НА РАННИХ СТАДИЯХ РАЗВИТИЯ В СТРЕССОВЫХ УСЛОВИЯХ СРЕДЫ

Людмила Магомедовна Апашева<sup>1</sup>, кандидат биологических наук  
 Валерий Васильевич Савранский<sup>2</sup>, кандидат физико-математических наук  
 Михаил Иванович Будник<sup>3</sup>, кандидат биологических наук  
 Лидия Александровна Смурова<sup>1</sup>, кандидат химических наук  
 Елена Николаевна Овчаренко<sup>1</sup>, кандидат химических наук  
 Ольга Тарасовна Касаикина<sup>1</sup>, доктор химических наук  
 Антон Валерьевич Лобанов<sup>1,4</sup>, доктор химических наук  
 Игорь Владимирович Дяченко<sup>3</sup>, кандидат технических наук  
 Андрей Вячеславович Грудзинский<sup>3</sup>, кандидат технических наук  
 Сергей Николаевич Сергеев<sup>5</sup>, доктор биологических наук  
 Константин Александрович Тараскин<sup>5</sup>, доктор химических наук  
 Екатерина Константиновна Барнашова<sup>6</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук  
 Елена Александровна Вертикова<sup>6</sup>, доктор сельскохозяйственных наук

<sup>1</sup>ФИЦ химической физики имени Н.Н. Семенова

Российской академии наук, г. Москва, Россия

<sup>2</sup>ФИЦ «Институт общей физики имени А.М. Прохорова»

Российской академии наук, г. Москва, Россия

<sup>3</sup>Российская академия ракетных и артиллерийских наук, г. Москва, Россия

<sup>4</sup>Московский педагогический государственный университет, г. Москва, Россия

<sup>5</sup>Научно-исследовательский институт прикладной акустики, г. Дубна, Россия

<sup>6</sup>Российский государственный аграрный университет — МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия

E-mail: ziraf@mail.ru

**Аннотация.** Изучали биологическое действие двухчастотного лазерного импульсного излучения, получаемого на парах меди, при предпосевной обработке семян риса сортов Велес и Лидер на ранних стадиях развития в экстремальных стрессовых условиях среды. Характеристики лазера, используемого в эксперименте: длины волн — 510,6 (зеленая линия излучения) и 578,2 нм (желтая), длительность импульса — 15 нс, частота повторения — 10 кГц, суммарная мощность в импульсе — 10 кВт, соотношение энергии и мощности между зеленой и желтой линиями 3 : 1. Взаимодействие в нелинейной среде семени лазерного излучения с длинами волн 510,6 и 578,2 нм вызывало образование дополнительных длин волн: суммарной — 271 нм (ультрафиолетовое излучение) и разностной — 4,37 мкм. Воздействие каждой из четырех длин волн в своем спектральном диапазоне могло приводить к инициации, по меньшей мере, четырех биохимических реакций, вызванных излучением. Предпосевная обработка семян риса двухчастотным лазерным импульсным излучением в течение 5–20 с оказывала стимулирующее влияние на рост и развитие риса (наибольший эффект — 5–10 с), а также повышала его устойчивость при выращивании в экстремальных стрессовых условиях среды (дефицит влаги, обедненный грунт) на ранних стадиях развития.

**Ключевые слова:** предпосевная лазерная обработка риса, двухчастотное лазерное импульсное излучение, биологическое действие

## BIOLOGICAL EFFECT OF DUAL-FREQUENCY LASER PULSE RADIATION DURING PRE-SOWING TREATMENT OF RICE SEEDS AT EARLY STAGES OF DEVELOPMENT UNDER STRESSFUL ENVIRONMENTAL CONDITIONS

L.M. Apasheva<sup>1</sup>, PhD in Biological Sciences  
 V.V. Savransky<sup>2</sup>, PhD in Physical and Mathematical Sciences  
 M.I. Budnik<sup>3</sup>, PhD in Biological Sciences  
 L.A. Smurova<sup>1</sup>, PhD in Chemical Sciences  
 E.N. Ovcharenko<sup>1</sup>, PhD in Chemical Sciences  
 O.T. Kasaikina<sup>1</sup>, Grand PhD in Chemical Sciences  
 A.V. Lobanov<sup>1,4</sup>, Grand PhD in Chemical Sciences  
 I.V. Dyachenko<sup>3</sup>, PhD in Engineering Sciences  
 A.V. Grudzinsky<sup>3</sup>, PhD in Engineering Sciences  
 S.N. Sergeev<sup>5</sup>, Grand PhD in Biological Sciences  
 K.A. Taraskin<sup>5</sup>, Grand PhD in Chemical Sciences  
 E.K. Barnashova<sup>6</sup>, PhD in Agricultural Sciences  
 E.A. Vertikova<sup>6</sup>, Grand PhD in Agricultural Sciences

<sup>1</sup>N.N. Semenov Federal Research Centre for Chemical Physics of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

<sup>2</sup>Prokhorov General Physics Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

<sup>3</sup>Russian Academy of Missile and Artillery Sciences, Moscow, Russia

<sup>4</sup>Moscow Pedagogical State University, Moscow, Russia

<sup>5</sup>*Institute of Engineering Acoustics, Dubna, Russia*<sup>6</sup>*Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia*  
E-mail: ziraf@mail.ru

**Abstract.** *The biological effect of two-frequency laser pulsed radiation produced on copper vapor during pre-sowing treatment of rice seeds of Veles and Leader varieties at early stages of development in extreme stressful environmental conditions has been studied. The copper vapor laser used in the experiment had the following output characteristics: wavelengths of 510.6 nm (green radiation line) and 578.2 nm (yellow radiation line), pulse duration of 15 ns, repetition frequency of 10 kHz, total pulse power of 10 kW, energy-power ratio between the green and yellow radiation lines 3/1. The interaction of laser radiation with wavelengths of 510.6 and 578.2 nm in the nonlinear medium of the seed caused the formation of additional wavelengths: a total wavelength of 271 nm (ultraviolet radiation) and a difference wavelength of 4.37 microns. Exposure to each of the four wavelengths in its spectral range could lead to the initiation of at least four radiation-induced biochemical reactions. It is shown that pre-sowing treatment of rice seeds with two-frequency laser pulsed radiation for 5–20 seconds had a stimulating effect on the growth and development of rice (the greatest effect was when exposed to 5–10 seconds), and also increased its stability when grown in extreme stressful environmental conditions (moisture deficiency, depleted soil) at early stages of development.*

**Keywords:** *pre-sowing laser treatment of rice, two-frequency laser radiation, rice seeds, biological effect*

Рис — одна из важнейших сельскохозяйственных культур, известная с древнейших времен. Более половины населения Земли питается рисом, он имеет стратегическое значение для человечества. Россия — самая северная страна мира, где его выращивают. Среди круп по популярности у россиян рис на первом месте. [4, 9]

Повышение урожайности сельскохозяйственных культур обеспечивается внесением химических удобрений в почву и предпосевной обработкой семян химическими стимуляторами. Однако их применение негативно влияет на качество продуктов питания и окружающую среду, а также приводит к повышению выбросов парниковых газов, 2,4% которых приходится на синтетические азотные удобрения, что в условиях ужесточающегося углеродного регулирования в мире необходимо учитывать российским производителям и экспортерам химических удобрений. [6]

Необходимы новые нехимические экологически чистые методы предпосевной обработки семенного материала, направленные на повышение урожайности и качества получаемой сельскохозяйственной продукции, безвредные для рабочего персонала, которые существенно сокращали бы трудозатраты, по сравнению с предпосевной обработкой семян химическими стимуляторами, и позволяли точно и просто осуществлять дозирование.

Экологически чистое воздействие лазерным слабым излучением имеет преимущества перед химическими способами предпосевной обработки семян: кратковременность и отсутствие отрицательных эффектов в широком диапазоне режимов; стабильное повышение урожайности сельскохозяйственных культур на фоне различных почвенно-климатических условий; улучшение качества сельскохозяйственной продукции (рост сахаров, витаминов, содержания белка и клейковины); возможность снижения нормы посева на 10...30% из-за большей полевой всхожести семян и усиления ростовых процессов; повышение устойчивости растений к поражению заболеваниями; безвредность обработки для семян и обслуживающего персонала.

Таким образом, лазерное излучение расширяет спектр приспособительных реакций растений, увеличивает их жизнеспособность и функциональную активность.

Для предпосевной обработки семян обычно используют непрерывное монохроматическое излучение,

получаемое с помощью газового гелий-неонового или полупроводникового лазеров, работающих в красной области спектра, так как в ней лежит максимальное возбуждение фитохрома, при этом растительная клетка поглощает 70...80% излучения. [3, 5, 8, 14]

Одно из перспективных направлений в современной агробиотехнологии — инновационный подход, основанный на экологически чистом способе предпосевной обработки семян двухчастотным лазерным импульсным излучением, получаемым на парах меди. [2]

Ранее авторами данной статьи был предложен способ повышения всхожести семян и стрессоустойчивости сеянцев хвойных пород (ель, сосна) путем предпосевной обработки излучением оптического диапазона, в качестве которого использовали излучение импульсного лазера на парах меди, генерирующего одновременно две длины волн: 510,6 (зеленая линия излучения) и 578,2 нм (желтая) с суммарной мощностью в импульсе 10 кВт, частотой повторения 10 кГц и длительностью импульса 15 нс, соотношением энергии и мощности между зеленой и желтой линиями излучения 3 : 1. [1]

Взаимодействие в нелинейной среде семени лазерного излучения с длинами волн 510,6 и 578,2 нм вызывало образование дополнительных длин волн: суммарной — 271 нм (ультрафиолетовое излучение) и разностной — 4,37 мкм. Воздействие каждой из четырех длин волн в своем спектральном диапазоне могло приводить к инициации, по меньшей мере, четырех, биохимических реакций, вызванных излучением. Выбор импульсного режима работы лазера обеспечивал высокую эффективность, так как к постоянному уровню воздействия биосистемы быстро адаптируются. Вывод семян из состояния покоя наблюдали уже через 1,5 ч после лазерного воздействия, что позволило ускорить процесс прорастания и повысить процент всхожести, способствовало функциональным изменениям в семенах, повышающим устойчивость растений к неблагоприятным факторам среды.

Одним из механизмов стимулирующего действия двухчастотного лазерного импульсного излучения, получаемого на парах меди, может быть ультрафиолетовое излучение, с помощью которого образуется пероксид водорода — стимулятор роста и развития растений. [10–13]

Цель работы — установить биологическое действие двухчастотного лазерного импульсного излучения, получаемого на парах меди, при предпосевной обработке семян риса разных сортов на ранних стадиях развития в стрессовых условиях среды.

# МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объект исследования — отечественные семена риса сортов *Велес* и *Лидер* урожая 2022 года. Изучали биологическое действие двухчастотного лазерного излучения при предпосевной обработке сухих семян.

Использовали лазер на парах меди с характеристиками: длины волн — 510,6 нм (зеленая линия излучения) и 578,2 нм (желтая), длительность импульса — 15 нс, частота повторения — 10 кГц, суммарная мощность в импульсе — 10 кВт, соотношение энергии и мощности между зеленой и желтой линиями — 3 : 1. Облучали семена опытных групп (n = 50) в течение 5, 10, 20, 40 с на расстоянии от источника излучения 15 см. Семена контрольных групп (n = 50) не облучали.

Исследовали возможность не только стимуляции развития семян риса, но и повышения устойчивости растений на начальных стадиях роста в экстремальных условиях среды (дефицит влаги, обедненный грунт).

Опытные (через 1,5 ч после облучения лазером) и контрольные семена сортов *Велес* и *Лидер* раскладывали на увлажненные дистиллированной водой фильтры в чашки Петри, проращивали в термостате при температуре 20°C и на 5-е сут. определяли процент проросших семян с величиной гипокотилей (зародышевый стебелек)  $\geq 0,5$  см. Далее образцы переносили в пластиковые сосуды на промытый и однократно увлажненный песок (на 100 мл сухого песка 40 мл воды) и помещали в люминостат. Условия: освещенность — 130 люкс, ритм освещения — 12 (свет) : 12 ч (темнота). Через каждые 5 сут. сосуды вынимали из люминостата для минимального увлажнения песка дистиллированной водой по 15 мл. При выращивании на песке определяли процент растений в опытных и контрольных группах при высоте  $H \geq 3$  см на 8-е сут. и  $H \geq 12$  см на 19-е.

Известно, что начальные стадии прорастания облученных семян после их замачивания сопровождаются выходом в водную среду метаболитов, имеющих характерный спектр поглощения в УФ-диапазоне с четко выраженным максимумом при  $\lambda_{\max} = 207$  нм. [1]

На примере сорта риса *Лидер*, как более изученного, через 1,5 ч после 5, 10, 20 и 40 с облучения формировали опытные и контрольную группы семян (n = 10) и замачивали в 6 мл дистиллированной воды. [7] Определяли кинетические кривые выхода метаболитов в водную среду в течение 180 мин. Спектры поглощения метаболитов записывали на спектрофотометре Specord UV-VIS при  $\lambda_{\max} = 207$  нм. Измерение вели в кварцевой кювете с длиной оптического пути 1 см.

# РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В опытных группах обоих сортов риса отчетливо наблюдается схожая динамика как роста, так и снижения процентных показателей всхожести в зависимости от времени облучения и суток эксперимента (табл. 1).

Коэффициент корреляции (r) между процентными показателями сортов *Велес* и *Лидер* в опытных группах

соответственно при облучении 5, 10, 20 и 40 с на 5, 8 и 19-е сут. (n = 12) составил 0,985 с уровнем значимости  $p < 0,001$  по t-критерию Стьюдента ( $t = 18,345$ ), что говорит об очень сильной прямой связи, то есть об одинаковой динамике реагирования разных сортов на лазерное облучение семян. Более высокие процентные показатели для сорта *Лидер*, по сравнению с аналогичными *Велеса*, объясняются лучшей исходной всхожестью в контрольной группе первого, однако разница между процентными показателями для обоих сортов в опытных и контрольных группах из-за высокой корреляционной связи практически одинаковая применительно ко времени облучения и суткам эксперимента.

Данное обстоятельство позволяет при дальнейшем анализе результатов эксперимента сосредоточиться не на абсолютных значениях процентных показателей, а на разнице ( $\Delta$ ) между ними в опытных группах и соответствующими в контрольных, не делая различий между сортами, при облучении 5, 10, 20 и 40 с, так как время облучения — ведущий фактор, влияющий на рост и развитие растений (табл. 2).

**Таблица 1.**  
**Влияние предпосевной обработки семян риса сортов**  
***Велес* и *Лидер* двухчастотным лазерным импульсным**  
**излучением на всхожесть и устойчивость**  
**к экстремальным условиям**

| Сорт         | Группа       | Доля проросших<br>семян на фильтрах, % | Доля растений при<br>выращивании на песке, % |                                  |
|--------------|--------------|----------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------|
|              |              | 5-е сут.<br>$G^* \geq 0,5$ см          | 8-е сут.<br>$H^{**} \geq 3$ см               | 19-е сут.<br>$H^{**} \geq 12$ см |
| <i>Велес</i> | Контрольная  | 40                                     | 25                                           | 10                               |
|              | Опытная, 5 с | 70                                     | 50                                           | 20                               |
|              | 10 с         | 60                                     | 55                                           | 15                               |
|              | 20 с         | 60                                     | 40                                           | 5                                |
|              | 40 с         | 40                                     | 20                                           | 1                                |
| <i>Лидер</i> | Контрольная  | 55                                     | 35                                           | 15                               |
|              | Опытная, 5 с | 85                                     | 65                                           | 20                               |
|              | 10 с         | 80                                     | 60                                           | 20                               |
|              | 20 с         | 70                                     | 45                                           | 15                               |
|              | 40 с         | 50                                     | 30                                           | 5                                |

Примечание. \* Гипокотиль, \*\* высота растений.

**Таблица 2.**  
**Разница ( $\Delta$ ) между процентными показателями**  
**в опытных группах и соответствующими в контрольных**  
**при облучении 5, 10, 20 и 40 с**

| Группа       | $O_{iВелес} - K_{iВелес}$<br>$O_{iЛидер} - K_{iЛидер}$<br>$\Delta, \%$ | Средняя разница и ошибка<br>средней,<br>$\Delta_{ф.} \pm m_{ф.}, \%$ |
|--------------|------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| Опытная, 5 с | 30, 25, 10,<br>30, 30, 5                                               | $21,7 \pm 5,0$                                                       |
| 10 с         | 20, 30, 5,<br>25, 25, 5                                                | $18,3 \pm 4,8$                                                       |
| 20 с         | 20, 15, -5,<br>15, 10, 0                                               | $9,2 \pm 4,0$                                                        |
| 40 с         | 0, -5, -9,<br>-5, -5, -15                                              | $-6,5 \pm 2,1$                                                       |

Значения средней разницы в опытной группе с облучением 5 ( $\Delta_{\text{ср.}} = 21,7 \pm 5,0\%$ ) и 10 с ( $\Delta_{\text{ср.}} = 18,3 \pm 4,8\%$ ) практически не отличаются, что дает основание объединить их в одну группу с облучением 5...10 с, и средняя разница с ошибкой средней составит  $\Delta_{\text{ср.}} = 20,0 \pm 3,2\%$ .

Средняя разница в опытной группе с облучением 20 с ( $\Delta_{\text{ср.}} = 9,2 \pm 4,0\%$ ) оказалась в 2,2 раза меньше, чем в объединенной с уровнем значимости  $p = 0,05$  по t-критерию Стьюдента ( $t = 2,12$ ), но при этом носила положительную динамику, хотя уже наблюдали заторможенный характер роста и развития растений.

В опытных группах с облучением 40 с ( $\Delta_{\text{ср.}} = -6,5 \pm 2,1\%$ ) средняя разница достоверно ( $p < 0,01$ ) была не только ниже, чем в опытных с облучением 5...10 ( $\Delta_{\text{ср.}} = 20,0 \pm 3,2\%$ ) и 20 с ( $\Delta_{\text{ср.}} = 9,2 \pm 4,0\%$ ), но и имела отрицательную динамику, по сравнению с контрольными группами, что указывает на негативное действие на рост и развитие семян риса.

Различную биологическую эффективность лазерного облучения длительностью 5...10, 20 и 40 с можно объяснить с помощью кинетических кривых выхода метаболитов в водную среду из семян риса при их замачивании в течение 180 мин., которые были определены на примере сорта риса *Лидер* (см. рисунок). Очень сильная прямая корреляционная связь ( $r = 0,985$ ) динамики процентных показателей сортов позволяет распространить это объяснение и на *Велес*.

Выход метаболитов в водную среду наблюдается практически сразу, однако наибольшая скорость характерна для кривых 1 и 2 (время облучения — 5 и 10 с),

затем ниже с большим отрывом следует кривая 3 (20 с), минимальная — 4 (40 с) и 5 (без облучения).

Значения оптической плотности (D) для кривых 1 и 2 практически не отличаются между собой, как и значения средней разницы в опытной группе с облучением 5 ( $\Delta_{\text{ср.}} = 21,7 \pm 5,0\%$ ) и 10 с ( $\Delta_{\text{ср.}} = 18,3 \pm 4,8\%$ ), D для кривой 3 более чем в два раза меньше аналогичных значений для кривых 1 и 2 как и средняя разница в опытной группе с облучением 20 с ( $\Delta_{\text{ср.}} = 9,2 \pm 4,0\%$ ), по сравнению с объединенной, которая оказалась в 2,2 раза меньше.

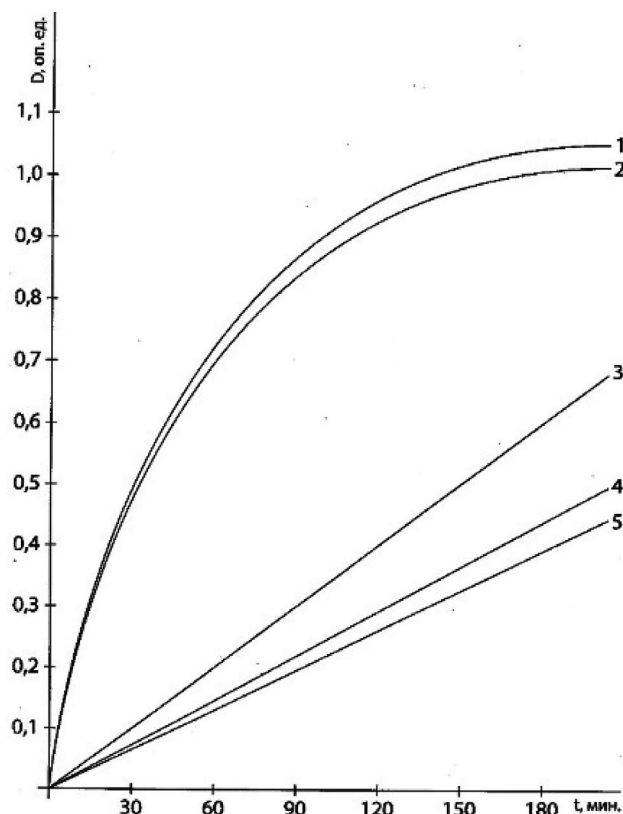
Следовательно, по данным выхода метаболитов процесс пробуждения семян происходит максимально интенсивно при облучении 5...10 с, менее — 20 с и без эффекта стимуляции — 40 с, что совпадает с результатами, наблюдаемыми по значениям средней разницы процентных показателей между опытными и контрольными группами (табл. 1, 2). Процентные показатели всхожести риса при облучении 40 с указывают на его тормозящее влияние, по сравнению с контрольными группами ( $-6,5 \pm 2,1\%$ ). Облучение 40 с негативно влияет не только на выход метаболитов, но и другие биохимические процессы, связанные с ранними стадиями роста и развития растений. Процентные показатели всхожести риса, по сравнению с выходом метаболитов, более интегральные.

Таким образом, предпосевная обработка семян риса двухчастотным лазерным импульсным излучением, получаемым на парах меди, в течение 5...20 с стимулирует рост растений на ранних стадиях развития, повышая их устойчивость при выращивании в стрессовых условиях среды (дефицит влаги, обедненный грунт). Наибольший эффект наблюдается при лазерном воздействии на семена риса в течение 5...10 с.

Обработка семян риса с помощью лазера на парах меди — высокоэффективный, экологически чистый, безопасный, быстрый и нетрудозатратный способ повышения всхожести и стрессоустойчивости растений на ранних стадиях развития, который можно сочетать с опрыскиванием зерновой культуры в поздний период вегетации экологически чистым водным раствором пероксида водорода природной концентрации, что приведет к еще большему повышению урожайности. [13, 14]

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Апашева Л.М., Смурова Л.А., Касаикина О.Т. и др. Способ повышения всхожести семян и стрессоустойчивости сеянцев хвойных пород // Патент РФ № 2790449. Официальный бюллетень «Изобретения. Полезные модели», 2023. № 6. Опубликовано: 21.02.2023.
2. Григорьянц А.Г., Казарян М.А., Лябин Н.А. Лазеры на парах меди. М.: Физматлит, 2005. 312 с.
3. Долговых О.Г., Красильников В.В., Газдинов Р.Р. Оптимизация лазерной предпосевной обработки семян зерновых культур. Ижевск: РИО ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2014. 122 с.
4. Домчева Е. Росстат назвал самые популярные у россиян продукты // Российская газета, 01.05.2016. <https://rg.ru/2016/05/01/rosstat-nazval-samye-populiarnye-urossiian-produkty.html>
5. Журба П. Практика применения лазерных агротехнологий на Кубани // Фотоника. 2014. № 5. С. 90–103.
6. Завалеева А., Россинский В. Углеродный след от использования удобрений // HPBS. <https://hpb-s.com/news/uglerodnyj-sled-ot-udobrenij>.



Кинетические кривые выхода метаболитов из семян риса при их замачивании в опытных группах и контрольной на примере сорта риса *Лидер*: кривая 1 — облучение 5 с; 2 — 10; 3 — 20; 4 — 40 с; 5 — без облучения.

7. Зеленский Г.Л. Сорт риса Лидер: биологическое обоснование элементов агротехники // Научный журнал КубГАУ. 2019. № 147(03). <https://doi.org/10.21515/1990-4665-147-019>
8. Крылов О.Н., Киселев М.М., Решетников А.Е. и др. Предпосевная оптическая обработка семян зерновых культур на примере озимой ржи «Фаленская 4» // Хранение и переработка сельхозсырья. 2023. № 2. С. 214–230. <https://doi.org/10.36107/spfp.2023.439>
9. Петропавловская Ю. Рис земли: самая популярная еда в мире // Вокруг света. 2015. № 10. <https://www.vokrugsveta.ru/article/235439/>.
10. Пискарев И.М. Образование перекиси водорода в водных растворах под действием УФ-С излучения // Химия высоких энергий. 2018. Т. 52. № 3. С. 194–198.
11. Рубцова Н.А., Апасева Л.М., Лобанов А.В. и др. Получение пероксида водорода физическими методами: перспектива применения в тепличных комплексах // Мат. IX Межд. конгресса «Биотехнология: состояние и перспективы развития», 20–22 февраля 2017 г. Москва. Т. 2. С. 83–84.
12. Сергеев С.Н., Будник М.И., Лебедев С.В. и др. Способ увеличения урожайности зерновой культуры тритикале путем опрыскивания водным раствором пероксида водорода и циклогексанона надземной части растений в период поздней вегетации // Патент РФ № 2797916. Официальный бюллетень «Изобретения. Полезные модели», 2023. № 17. Опубликовано: 13.06.2023.
13. Стребков Д.С., Будник М.И., Душков В.Ю. и др. Повышение урожайности озимой пшеницы с помощью экологически чистого водного раствора пероксида водорода природной концентрации // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2022. № 4. С. 64–67. <https://doi.org/10.31857/2500-2082/2022/4/64-67>, EDN: BJSFK.
14. Юран С.И., Зарипов М.Р., Вершинин М.Н. Устройство лазерной предпосевной обработки семян // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2022. Т. 95. № 3. С. 131–134. <https://doi.org/10.37670/2073-0853-2022-95-3-131-134>
4. Domcheva E. Rosstat nazval samye populyarnye u rossiyan produkty // Rossijskaya gazeta, 01.05.2016. <https://rg.ru/2016/05/01/rosstat-nazval-samye-populiarnye-u-rossiian-produkty.html>
5. Zhurba P. Praktika primeneniya lazernyh agrotekhnologij na Kubani // Fotonika. 2014. № 5. S. 90–103.
6. Zavaleeva A., Rossinskij V. Uglerodnyj sled ot ispol'zovaniya udobrenij // HPBS. <https://hpb-s.com/news/uglerodnyj-sled-ot-udobrenij>.
7. Zelenskij G.L. Sort risa Lider: biologicheskoe obosnovanie elementov agrotekhniki // Nauchnyj zhurnal KubGAU. 2019. № 147(03). <https://doi.org/10.21515/1990-4665-147-019>
8. Krylov O.N., Kiselev M.M., Reshetnikov A.E. i dr. Predposevnaya opticheskaya obrabotka semyan zernovykh kul'tur na primere ozimoi rzhi «Falenskaya 4» // Hranenie i pererabotka sel'hozsyrya. 2023. № 2. S. 214–230. <https://doi.org/10.36107/spfp.2023.439>
9. Petropavlovskaya Yu. Ris zemli: samaya populyarnaya eda v mire // Vokrug sveta. 2015. № 10. <https://www.vokrugsveta.ru/article/235439/>.
10. Piskarev I.M. Obrazovanie perekisi vodoroda v vodnykh rastvorah pod dejstviem UF-S izlucheniya // Himiya vysokih energij. 2018. T. 52. № 3. S. 194–198.
11. Rubcova N.A., Apasheva L.M., Lobanov A.V. i dr. Poluchenie peroksida vodoroda fizicheskimi metodami: perspektiva primeneniya v teplichnykh kompleksah // Mat. IX Mezhd. kongressa «Biotekhnologiya: sostoyanie i perspektivy razvitiya», 20–22 fevralya 2017 g. Moskva. T. 2. S. 83–84.
12. Sergeev S.N., Budnik M.I., Lebedev S.V. i dr. Sposob uvelicheniya urozhajnosti zernovoi kul'tury tritikale putem opryskivaniya vodnym rastvorom peroksida vodoroda i ciklogeksanona nadzemnoj chasti rastenij v period pozdnej vegetacii // Patent RF № 2797916. Oficial'nyj byulleten' «Izobreteniya. Poleznye modeli», 2023. № 17. Opublikovano: 13.06.2023.
13. Strebkov D.S., Budnik M.I., Dushkov V.Yu. i dr. Povyshenie urozhajnosti ozimoi pshenicy s pomoshch'yu ekologicheskhi chistogo vodnogo rastvora peroksida vodoroda prirodnoj koncentracii // Vestnik rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki. 2022. № 4. S. 64–67. <https://doi.org/10.31857/2500-2082/2022/4/64-67>, EDN: BJSFK.
14. Yuran S.I., Zaripov M.R., Vershinin M.N. Ustrojstvo lazernoj predposevnoj obrabotki semyan // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2022. T. 95. № 3. S. 131–134. <https://doi.org/10.37670/2073-0853-2022-95-3-131-134>

## REFERENCES

1. Apasheva L.M., Smurova L.A., Kasaikina O.T. i dr. Sposob povysheniya vskhozhesti semyan i stressoustojchivosti seyancev hvojnykh porod // Patent RF № 2790449. Oficial'nyj byulleten' «Izobreteniya. Poleznye modeli», 2023. № 6. Opublikovano: 21.02.2023.
2. Grigor'yanc A.G., Kazaryan M.A., Lyabin N.A. Lazery na parah medi. M.: Fizmatlit, 2005. 312 s.
3. Dolgovykh O.G., Krasil'nikov V.V., Gaztdinov R.R. Optimizaciya lazernoj predposevnoj obrabotki semyan

Поступила в редакцию 28.03.2024  
Принята к публикации 11.04.2024



К III Международной научно-практической конференции «Рядом с Н.И. Вавиловым — научные школы России по обеспечению продовольственной и экологической безопасности страны» (17–20 июня 2024 г.)

УДК: 63.631

DOL: 10.31857/S2500208224040149, EDN: xktupt

## ШКОЛА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СЕЛЕКЦИИ АКАДЕМИКА РАН В.Ф. ПИВОВАРОВА

**Ольга Николаевна Пышная, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник**  
**Любовь Кирилловна Гуркина, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник**  
**Елена Владимировна Пинчук, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник**  
 Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр овощеводства»,  
 Московская обл., Россия  
 E-mail: naumenko@vniissok.ru

**Аннотация.** В статье изложены основные вехи формирования научной школы академика РАН Виктора Фёдоровича Пивоварова — талантливого организатора научных исследований по овощеводству, ведущего ученого в области экологии, интродукции, селекции и семеноводства овощных культур, Заслуженного деятеля науки РФ, лауреата Государственной премии и премий Правительства РФ. В.Ф. Пивоваров имеет большой опыт работы как в России, так и за рубежом в области решения теоретических и практических проблем отрасли. Им разработано новое научное направление исследований по экологической селекции и генетике овощных культур. В статье представлены направления научной школы экологической селекции: повышение адаптивности сельскохозяйственных культур к различным экологическим факторам; выявление особенности взаимодействия «генотип-среда»; разработка методов ускорения селекционного процесса для создания высокопродуктивных сортов и гибридов, устойчивых к абиотическим и биотическим стрессорам; экологическая селекция на низкий уровень содержания радионуклидов и технологии, снижающие количество загрязнителей в овощной продукции. Школа академика РАН В.Ф. Пивоварова была организована на основе общности научных интересов, значимости экологических исследований для селекции, высокого уровня научных результатов, преемственности и больших перспектив развития.

**Ключевые слова:** ученый, научная школа, экологическая селекция, селекция, овощеводство

## SCHOOL OF ECOLOGICAL SELECTION OF ACADEMICIAN OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES V.F. PIVOVAROVA

**O.N. Pyshnaya, Grand PhD in Agricultural Sciences, Chief Researcher**  
**L.K. Gurkina, PhD in Agricultural Sciences, Senior Researcher**  
**E.V. Pinchuk, PhD in Agricultural Sciences, Senior Researcher**  
 Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Scientific Vegetable Center, Moscow region, Russia  
 E-mail: naumenko@vniissok.ru

**Abstract.** The article outlines the main milestones in the formation of the scientific school of Academician of the Russian Academy of Sciences Viktor Fedorovich Pivovarov — a talented organizer of scientific research on vegetable growing, a leading scientist in the field of ecology, introduction, selection and seed production of vegetable crops, Honored Scientist of the Russian Federation, laureate of the State Prize and Government Prizes of the Russian Federation V. Pivovarov. F. has extensive experience both in Russia and abroad in solving theoretical and practical problems in the industry. He developed a new scientific direction of research on ecological selection and genetics of vegetable crops. The article presents the directions of the ecological selection scientific school: increasing the adaptability of agricultural crops to various environmental factors; identifying the peculiarities of the genotype-environment interaction; development of methods for accelerating the breeding process to create highly productive varieties and hybrids resistant to abiotic and biotic stressors; ecological selection for low levels of radionuclides and technologies that reduce the amount of pollutants in vegetable products. School of V.F. Pivovarov Academician of the Russian Academy of Sciences was organized on the basis of common scientific interests, the importance of environmental research for breeding, a high level of scientific results, continuity and great development prospects.

**Keywords:** scientist, scientific school, ecological selection, breeding, vegetable growing

Федеральный научный центр овощеводства — старейшее ведущее учреждение по селекции овощных и бахчевых культур, известный в научной и социально-экономической сферах РФ историческим названием — ВНИИССОК. В нем сформировались научные школы по направлениям селекционно-генетических, экологических исследований овощебахчевых культур и выросла плеяда известных ученых — селекционеров, семеноводов, овощеводов, цветоводов.

Виктор Фёдорович Пивоваров — научный руководитель Федерального научного центра овощеводства, ведущий ученый в области экологии, селекции и семеноводства овощных культур, внесший значительный

вклад в решение главной задачи мирового земледелия — повышения адаптивности сельскохозяйственных культур к различным экологическим факторам.

Талантливый организатор, имеющий опыт дипломатической работы, он успешно разработал и реализовал новое научное направление исследований с использованием на всех этапах селекции различных эколого-географических зон, как естественных фитотронов: тропики (Куба), сухие субтропики (Узбекистан), влажные субтропики (Азербайджан), зоны умеренного климата (Московская обл., РФ). Была проведена серия опытов по интродукции растений. [7, 10, 11]

Под руководством В.Ф. Пивоварова разработана методология адаптивной системы селекции и семеноводства овощебахчевых культур для создания высокопродуктивных сортов и гибридов устойчивых к абиотическим и биотическим стрессорам, обеспечивающих получение экологически безопасной продукции. В ее основу легли многолетние, международные крупномасштабные опыты, проведенные для наиболее распространенных овощных культур, в результате которых выявлены особенности взаимодействия «генотип-среда». Полученные результаты позволили решить ряд вопросов по организации адаптивного семеноводства, обусловленных регионами производства, что помогло выявить стабилизирующие фоны, сохраняющие генетическую структуру сортопопуляций и обеспечивающие высокое качество семян. [1, 2, 4]

Кубинский период (1975–1981 годы) особенный в формировании В.Ф. Пивоварова как ученого и руководителя. С немногочисленной группой советских и кубинских ученых ему удалось провести большой объем исследований: оценить более трех тысяч образцов овощных культур из мировой коллекции ВНИИР имени Н.И. Вавилова на продуктивность, устойчивость к болезням, адаптивность. Для условий Республики Куба было создано восемь сортов овощных культур, превосходящих коммерческие районированные сорта по урожайности, устойчивости к болезням, адаптивности. Выделено более 30 новых ценных генотипов, которые получили распространение и в странах Латинской Америки (Мексика, Аргентина). Интродуцированы на Кубу из СССР новые, невыращиваемые ранее растения. [5, 7, 10]

Научная работа наших специалистов под руководством В.Ф. Пивоварова получила высокую оценку Министерства сельского хозяйства и Академии Наук Республики Куба, лично одобрена Фиделем Кастро. [11]

Успешное развитие экологического направления в учреждении обеспечено способностью В.Ф. Пивоварова определять приоритеты в развитии науки, использовать научную информацию применительно к прикладным исследованиям, организовывать совместную работу с ведущими учеными страны. В 1982–1989 годах под руководством В.Ф. Пивоварова, научный коллектив отдела экологии во главе с Т.А. Зиминой, Е.Г. Добруцкой, В.Я. Кравчуком, совместно с коллегами из Белоруссии (Л.В. Хотылева, А.В. Кильчевский, В.В. Скорина), Узбекистана (М.Х. Арамов, Б.Т. Турдикулов, Б.Б. Бахрамов, А.Р. Хасанов), Азербайджана (С. Алиев, Т. Салаев) и ведущими специалистами Госкомиссии по сортоиспытанию сельскохозяйственных растений (В.А. Бакулина) продолжил исследования по оценке исходного материала и разработке новых селекционных технологий на устойчивость к био-, абиотическим и отдельным антропогенным стрессорам. Проведен отбор высокопродуктивных и экологически стабильных сортов, обеспечивающих получение экологически безопасной продукции и работа по оценке различных природно-экологических зон СССР на пригодность для селекции овощных культур, определены возможности использования стабилизирующих фонов для размещения зон товарного семеноводства, выведены сорта, внесенные в Государственный реестр России и Беларуси: чеснок озимый *Зубренок*, майоран *Термос*, *Малахит*, фасоль *Магура*, лук репчатый *Добротост*. [2–4]

Умение Виктора Федоровича донести до аудитории научные результаты, полученные коллективом, помогли убедить научную общественность признать овощи не только пищей, но и лекарством. Коллективу ученых под руководством В.Ф. Пивоварова присуждено звание лауреатов Государственной премии и Премии Правительства РФ в области науки и техники. [6, 7]

Методы экологической селекции овощных культур служат решением многих задач: ускорение селекционного процесса; использование естественных и искусственных инфекционных фонов для селекции на устойчивость к биотическим факторам; учет экологической изменчивости при оценке полиморфизма генотипов по различным хозяйственно полезным признакам; ранняя диагностика адаптивных форм растений с применением генетико-статистических параметров; определение адаптивности на всех этапах селекции, экологической безопасности продукции – на различных средах; экологическое обоснование приемов адаптивного семеноводства с учетом взаимодействия «генотип – среда». [4]

В последнее десятилетие в связи с интенсивным развитием промышленности, энергетики и транспорта усиливается техногенная нагрузка на аграрные экосистемы, увеличивается доля сельскохозяйственных земель, загрязненных поллютантами. Овощные культуры в различной степени накапливают химические токсические вещества, тяжелые металлы и радионуклиды в зависимости от их видовых особенностей. В связи с этим, актуально формирование сортовых ресурсов овощных культур со стабильно низким накоплением поллютантов для получения экологически безопасной продукции на техногенно загрязненных территориях. [12]

Решением данных проблем в ФГБНУ ФНЦО занимается школа экологической селекции под руководством В.Ф. Пивоварова. Исследования включают: развитие экологической селекции на низкий уровень содержания радионуклидов; обоснование технологий, снижающих уровень содержания поллютантов в продукции; исключение из рациона питания человека овощной продукции, составляющей опасность повышенного потребления токсикантов. Селекция овощных культур этого направления основана на реализации собственного адаптивного потенциала растения давать продукцию с безопасным для организма человека уровнем накопления радионуклидов. [1, 9]

Под руководством В.Ф. Пивоварова начаты и продолжаются актуальные исследования по формированию сортимента овощных культур для выращивания на экологически загрязненных территориях. По теме селекции на устойчивость к накоплению экотоксикантов в товарной части овощей защитил в 2016 году докторскую диссертацию Алексей Васильевич Солдатенко (ученик Виктора Федоровича), ныне директор ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства», академик РАН.

В рамках направления исследований определены:

– степень межсортной и экологической изменчивости накопления радионуклидов в продукции овощных культур в зависимости от условий окружающей среды, что позволяет формировать сортимент для выращивания экологически безопасной овощной продукции на техногенно загрязненных территориях;

— специфика реакции растений овощных культур на накопление радионуклидов  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в продукции, более широкий диапазон уровня накопления различными сортообразцами овощных культур (капуста китайская и пекинская, морковь столовая, шпинат огородный) проявился по элементу  $^{137}\text{Cs}$ , что обеспечивает большую результативность отбора ценных форм, по сравнению со  $^{90}\text{Sr}$ ;

— межсортовая и экологическая изменчивость для каждой овощной культуры в зависимости от генотипа и условий выращивания, выявлены варианты сочетания внешних факторов, обеспечивающих необходимый уровень дифференцирующей способности среды для отбора;

— обработка импульсным низкочастотным электрическим полем семян салата листового увеличивает продуктивность (34%), снижает уровень накопления радионуклидов  $^{137}\text{Cs}$  (57%) и положительно влияет на биохимический состав продукции (сухое вещество, витамин С, уровень нитратов, калий);

— предпосевное гамма-облучение семян с использованием оптимальных экспозиций (для салата листового и лука репчатого — 0,2 кР, моркови столовой — 1,0, свеклы столовой — 0,8, капусты белокочанной — 2 кР) способствует снижению накопления радионуклидов  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в продукции, увеличению продуктивности (до 28,5%) и улучшает биохимические показатели (до 20% по содержанию сухого вещества);

— обработки растений салата листового стимуляторами роста (амарантин, альбит и селенат натрия) способствуют снижению уровня накопления радионуклидов (до 29%), улучшению биохимического состава продукции и продуктивности растений;

— фолиарная обработка растений шпината огородного неорганическими формами селена снижает уровень накопления радионуклидов  $^{90}\text{Sr}$  (до 52%) и  $^{137}\text{Cs}$  (до 88%), увеличивает показатели морфологических признаков и товарной продукции;

— выращивание чеснока озимого зубками, по сравнению с выращиванием из однозубковых луковиц, уменьшает суммарное количество  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  на 7%;

— внутреннее облучение организма человека продукцией, выращенной на загрязненных территориях, можно частично снизить исключением из рациона питания органов и частей овощных растений, наиболее накапливающих радионуклиды. [12]

Под руководством В.Ф. Пивоварова были расширены фундаментальные исследования в рамках государственных и международных конкурсных программ по разработке инновационных технологий создания принципиально новых гибридов  $F_1$  и сортов овощных культур на основе гаплоидии *in vitro*, частной и молекулярной генетики, экологических методов селекции. [10]

Виктор Федорович поддерживает тесную связь с научным сообществом стран Латинской Америки, Европы, Кубы, Китая, Японии, много внимания уделяет сохранению и подготовке высококвалифицированных специалистов. В созданной им научной школе экологической селекции под его руководством подготовлены 46 кандидатов и 21 доктор наук в России и за рубежом. Выпускники школы В.Ф. Пивоварова успешно работают в крупных селекционно-семеноводческих учреждениях, государственных структурах, коммерческих фирмах. [11]

Обобщение полученного материала собственных исследований, работ коллег, аспирантов, отечественных и зарубежных ученых, дали возможность В.Ф. Пивоварову опубликовать совместно с сотрудниками отдела экологии ФГБНУ ФНЦО фундаментальные монографии: Экологическая селекция сельскохозяйственных растений (1994), Экологические основы селекции и семеноводства овощных культур (2000), Летопись Российской селекции овощных культур (2021), История овощеводства Российского (2022). [2, 4, 5, 10]

Интерес для селекционеров, семеноводов, преподавателей вузов, аспирантов представляют монографии по частной селекции овощных культур (пасленовые, тыквенные, луковые, корнеплодные, капустные, нетрадиционные), опубликованных В.Ф. Пивоваровым в 1992–2011 годах совместно с генетиками, селекционерами, семеноводами ФГБНУ ФНЦО, ВНИИР имени Н.И. Вавилова и других НИУ. [8]

Особенно широкую популярность завоевала книга Виктора Федоровича «Овощи России», предназначенная для специалистов и овощеводов-любителей, изданная несколькими тиражами на русском и английском языках. В 2007 году вышло в свет уточненное и дополненное второе издание. [6]

Научные разработки В.Ф. Пивоварова получили практическое подтверждение и применение. По результатам исследований им лично и в соавторстве опубликовано около 700 научных работ, 50 из которых вышли за рубежом на английском и испанском языках, более 40 книг, монографий и методических указаний, представляющих не только научную ценность, но и практическую значимость. Виктор Федорович — автор и соавтор более 140 сортов и гибридов овощных культур, семнадцати изобретений. [8]

В настоящее время В.Ф. Пивоваров — научный руководитель Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр овощеводства». Он обеспечивает формирование приоритетных направлений и тематики научных исследований, принимает активное участие в разработке программы развития Центра, участвует в создании направлений научной деятельности учреждения в соответствии с тенденциями развития мировой науки, научно-технического прогресса и профильных научных областей, содействует проведению кадровой политики по подготовке и привлечению к научной деятельности молодых ученых и специалистов, становлению и сохранению научных школ, курирует направление по экологической селекции.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Пивоваров В.Ф. Селекция и семеноводство овощных культур. 2-е изд., перераб. и доп. М.: ВНИИССОК, 2007.
2. Пивоваров В.Ф., Добруцкая Е.Г., Балашова Н.Н. Экологическая селекция сельскохозяйственных растений (на примере овощных культур). М.: АО «Моспромстройматериалы», 1994.
3. Пивоваров В.Ф., Добруцкая Е.Г., Мусаев Ф.Б., Скорина В.В. Экологические аспекты селекции и семеноводства овощных культур // Вестник Полесского государственного университета. Серия природоведческих наук. 2009. № 1. С. 31–36.
4. Пивоваров В.Ф., Добруцкая Е.Г. Экологические основы селекции и семеноводства. М: Типография, 2000.

5. Пивоваров В.Ф., Солдатенко А.В. История овощеводства Российского. 2-е изд., перераб. и доп. М.: ФГБНУ ФНЦО, 2022.
6. Пивоваров В.Ф. Овощи России. М.: ВНИИССОК, 2006.
7. Пышная О.Н., Гуркина Л.К., Пинчук Е.В. Вся жизнь — в науке // Овощи России. 2022. № 2. С. 94–97.
8. Пышная О.Н., ред. Пивоваров Виктор Федорович. Материалы к библиографии деятелей науки. М.: ВНИИССОК, 2017.
9. Солдатенко А.В., Пивоваров В.Ф., Добруцкая Е.Г. Особенности накопления радионуклидов в различных продуктовых органах овощных культур // Овощи России. 2015. № 28–29 (3–4). С. 39–43.
10. Солдатенко А.В., Пивоваров В.Ф., Сычев С.И. Летопись Российской селекции овощных культур. М.: ФГБНУ ФНЦО, 2021.
11. Солдатенко А.В., Пышная О.Н., ред. Пивоваров Виктор Федорович. 80 лет. Жизнь и служение родной земле. М.: ФГБНУ ФНЦО, 2022.
12. Солдатенко А.В. Экологические аспекты регулирования накопления радионуклидов растениями овощных культур. Дис...докт. с.-х. н. М.: ВНИИССОК, 2016.
3. Pivovarov V.F., Dobruckaya E.G., Musaev F.B., Skorina V.V. Ekologicheskie aspekty selekcii i semenovodstva ovoshchnyh kul'tur // Vestnik Poleskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya prirodovedcheskih nauk. 2009. № 1. S. 31–36.
4. Pivovarov V.F., Dobruckaya E.G. Ekologicheskie osnovy selekcii i semenovodstva. M: Tipografiya, 2000.
5. Pivovarov V.F., Soldatenko A.V. Istoriya ovoshchevodstva Rossijskogo. 2-e izd., pererab. i dop. M.: FGBNU FNCO, 2022.
6. Pivovarov V.F. Ovoshchi Rossii. M.: VNISSOK, 2006.
7. Pyshnaya O.N., Gurkina L.K., Pinchuk E.V. Vsaia zhizn' — v nauke // Ovoshchi Rossii. 2022. № 2. S. 94–97.
8. Pyshnaya O.N., red. Pivovarov Viktor Fedorovich. Materialy k bibliografii deyatelej nauki. M.: VNISSOK, 2017.
9. Soldatenko A.V., Pivovarov V.F., Dobruckaya E.G. Osobennosti nakopleniya radionuklidov v razlichnykh produktovykh organah ovoshchnyh kul'tur // Ovoshchi Rossii. 2015. № 28–29 (3–4). S. 39–43.
10. Soldatenko A.V., Pivovarov V.F., Sychev S.I. Letopis' Rossijskoj selekcii ovoshchnyh kul'tur. M.: FGBNU FNCO, 2021.
11. Soldatenko A.V., Pyshnaya O.N., red. Pivovarov Viktor Fedorovich. 80 let. Zhizn' i sluzhenie rodnoj zemle. M.: FGBNU FNCO, 2022.
12. Soldatenko A.V. Ekologicheskie aspekty regulirovaniya nakopleniya radionuklidov rasteniyami ovoshchnyh kul'tur. Diss...dokt. s.-h. n. M.: VNISSOK, 2016.

#### REFERENCES

*Поступила в редакцию 24.05.2024  
Принята к публикации 07.06.2024*

К III Международной научно-практической конференции «Рядом с Н.И. Вавиловым — научные школы России по обеспечению продовольственной и экологической безопасности страны» (17–20 июня 2024 г.)

УДК 631.53.01:93/94

DOI: 10.31857/S2500208224040152, EDN: xknzcy

## СОХРАННОСТЬ КОЛЛЕКЦИИ СЕМЯН В ГОДЫ ВЕЛИКОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ВОЙНЫ

Ольга Алексеевна Захарова<sup>1</sup>, доктор сельскохозяйственных наук, доцент  
Ольга Дмитриевна Кучер<sup>2</sup>, младший научный сотрудник

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», г. Рязань, Россия

<sup>2</sup>ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов имени П. Лумумбы», г. Москва, Россия

E-mail: ol-zahar.ru@yandex.ru

**Аннотация.** В статье рассмотрен исторически значимый период деятельности Н.И. Вавилова и его команды (108 экспедиций и сбор семян растений более чем в 100 странах). К 1940 году коллекция была самая объемная в мире. Целью исследования было изучение генетического потенциала семян, установление центров происхождения диких и культурных растений, их роли в практической деятельности человека, формировании и восполнении коллекции, начатой еще до революции основоположниками прикладной ботаники. Представлены исторические факты хранения коллекции. Описаны героические усилия сотрудников ВИР, которые в тяжелых условиях блокады Ленинграда продолжали сохранять семена растений, способствуя выживанию и возрождению сельского хозяйства нашей страны после Второй мировой войны. Практическое применение результатов исследования заключается в понимании важности сохранения генофонда растений для обеспечения продовольственной безопасности и устойчивого развития сельских регионов. Подчеркивается современная значимость коллекции как важного ресурса для научных исследований и использования в сельском хозяйстве. Статья раскрывает историческую и практическую ценность коллекции семян ВИР, национального генетического ресурса, который продолжает служить целям науки и практики сельского хозяйства.

**Ключевые слова:** коллекция, семена, сохранность, война, восстановление

## PRESERVATION OF THE SEED COLLECTION DURING THE GREAT PATRIOTIC WAR

O.A. Zakharova<sup>1</sup>, *Grand PhD Agricultural Sciences, Associate Professor*

O.D. Kucher<sup>2</sup>, *Junior Researcher*

<sup>1</sup>Federal State Budget Institution of Higher Education «Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev», Ryazan, Russia

<sup>2</sup>People's Friendship University of Russia Named after Patrice Lumumba (RUDN University), Moscow, Russia

E-mail: ol-zahar.ru@yandex.ru

**Abstract.** The article examines the historically significant period of N.I. Vavilov's activities and his team in conducting 108 expeditions and collecting plant seeds in more than 1000 countries worldwide. By 1940, the collection was the largest in the world. Vavilov's research aimed to study the genetic potential of seeds, establish centers of origin for wild and cultivated plants, their role in human practical activities, and the formation and replenishment of the collection initiated before the revolution by the founders of applied botany. Additionally, the article analyzes the challenging periods experienced by the collection, such as the formation of Soviet Russia, the Siege of Leningrad, and participation in the restoration of the devastated agriculture after Victory in World War II. Special attention is paid to the involvement of employees of the Federal Research Center "N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources" (VIR) in preserving the collection during the Siege of Leningrad. The practical application of the research results lies in understanding the importance of preserving plant genetic resources for food security and sustainable development of rural regions. The publication emphasizes not only the historical value of the seed collection but also its contemporary significance as an important resource for scientific research and practical use in agriculture. The scientific article also highlights the heroic efforts of VIR employees, who endured the harsh conditions of the Siege of Leningrad but continued to carefully preserve plant seeds, contributing to the survival and revival of agriculture in our homeland. The dedication and professionalism of the employees to the cause are underscored. Thus, the article reveals the historical and practical significance of the VIR seed collection, an important national genetic resource that continues to serve the goals of agricultural science and practice.

**Keywords:** collection, seeds, preservation, war, restoration

С 1923 по 1940 год Н.И. Вавилов совершил 108 экспедиций и отовсюду привозил семена для восполнения и приумножения коллекции, начало которой было положено основателями прикладной ботаники Р.Э. Регелем и А.Ф. Баталиным. Они изучали и описывали русские культурные растения, сравнивая их с иностранными, а Н.И. Вавилов стал идеологом и организатором систематизированного сбора и использования исходных сортовых богатств всего земного шара для практической селекции. [3, 4] Это уникальный мировой генофонд продуктов, первый банк генов того, что люди выращивают, чтобы есть. [2] Он содержит куль-

туры, которых уже нет в природе. Роль этой коллекции незаменима в обеспечении продовольственной безопасности России. С ее использованием в стране было выведено свыше 4,5 тыс. районированных сортов сельскохозяйственных культур, способствовавших повышению урожайности и качества продукции.

В результате адресных экспедиций в районы наибольшего генетического разнообразия Н.И. Вавилов лично внес в коллекцию не менее 2189 образцов зернобобовых культур и их диких родичей. Благодаря планомерной интродукции, увеличилось видовое разнообразие коллекции, в ней появилось множество новых,

некультивируемых ранее в России растений. Основное требование, которое ученый предъявлял к собираемому материалу, — его пригодность для отечественного растениеводства. Коллекция стала основой для развития отечественной селекции. Перед Великой Отечественной войной она насчитывала более 250 тыс. образцов. Был собран самый богатый генетический банк культур. В случае природных катаклизмов именно он не позволил человечеству умереть от голода. Каждый образец — это чистый материал, без патогенов и вредителей.

Приказ об эвакуации коллекции был издан в первый день войны, еще до блокады Ленинграда. Полевые коллекции института, находившиеся в Павловске и Пушкине, в конце августа 1941 года были срочно эвакуированы в Ленинград, среди них образцы картофеля, ржи и других культур. Перевозку материала в ВИР осуществляли под руководством научных сотрудников отдела клубнеплодов А.Я. Камеразы и О.А. Воскресенской. Далее его необходимо было отправить на Урал.

Семена упаковали в 300 ящиков весом 5 т и назначили в сопровождение сто сотрудников. Для каждого пошили тряпичный мешок на шею, в который насыпали по два килограмма семян, чтобы сохранить часть коллекции, если основная будет уничтожена. Но, доехав до станции Мга, поезд дальше не пошел: территория была занята немцами. Более полугодика семена находились в вагоне. Не видя перспектив отправки коллекции в тыл, ее вернули в ВИР. Позже 40 тыс. пакетов весом 0,5 т смогли эвакуировать через Ладогу и самолетом в Красноуфимск Свердловской области, где располагалась селекционная станция.

Блокада Ленинграда длилась с 8 сентября 1941 года по 27 января 1944 года. Работа в институте проходила в промерзших полутемных помещениях при свете керосиновых ламп, так как окна были забиты фанерой из-за выбитых стекол во время обстрелов, и для большей безопасности коллекции.

Сотрудники Всероссийского института растениеводства охраняли коллекцию от мародеров, грызунов, стужи. Получая паек в 125 г хлеба, люди спасали семена растений. Они дежурили возле коллекции, боролись с крысами, которые научились пробираться на полки и сбрасывать оттуда банки. Крышки от удара открывались, семена рассыпались и поедались грызунами. Таких коробок в институте было более 100 тыс. Чтобы спасти семена, жестяные банки связывали по четыре. Для сохранности всхожести живые семена должны храниться в помещениях с плюсовой температурой, поэтому надо было где-то доставать топливо для самодельных печей. Комнаты опечатывали, вход в них поодиночке был категорически запрещен. Работали комиссиями по три–четыре человека. Раз в неделю дежурные, в присутствии главного хранителя мировой коллекции Рудольфа Яновича Кордона, открывали двери, проверяли состояние жестяных коробок с семенами и закрывали.

Ученые фактически переехали жить в свои кабинеты. Во-первых, ходить пешком каждый день через весь город в институт и обратно было тяжело из-за истощения, во-вторых, коллекцию требовалось круглые сутки охранять. Труднее всего было спасти коллекцию картофеля.

Весной 1942 года в одном из совхозов под артобстрелами было посажено на 250 м<sup>2</sup> почти 200 сортов

картофеля. По обращению руководителей города к жителям Ленинграда создали овощекartофельную базу. Желавших сотрудники ВИР снабдили семенным и посадочным материалом, вели занятия на курсах подготовки овоще- и картофелеводов, выпускали рекомендации по выращиванию огородных культур. Был разработан метод размножения картофеля с получением до 15 отводков у каждого клубня, урожайность при этом составила 12...15 т/га. Огородники получали 2...3 кг с одного отводка. Весной 1942 года стали выращивать зелень, свеклу и китайскую капусту. В конце июля в столовые поступает турнепс, с августа — белокочанная капуста, морковь, петрушка. Была разработана технология использования дикорастущих трав в питании. Жители Ленинграда собирали весной листья одуванчика, крапивы, лебеды, а виrowцы знакомили граждан с ядовитыми и полезными дикорастущими растениями, всего было прочитано 2000 лекций. Осенью 1942 года жители собрали первый урожай.

За годы блокады погибло до 1,5 млн ленинградцев, в том числе 28 сотрудников ВИР умерли от голода (в первую блокадную зиму — 12 человек). В институте растениеводства до сих пор хранят их личные дела.

Но семена нельзя хранить долгие годы. Под бомбежками и обстрелами высевали и сажали семена капусты, картофеля и других растений из коллекции Вавилова (рис. 1). До снятия блокады погибли только семена некоторых теплолюбивых культур.

Все сотрудники ВИР, заставшие блокаду, вошли в историю как безгранично преданные своему делу люди. Ценой своей жизни они сохранили уникальный банк растений, смогли сберечь семена для восстанов-



Рис. 1. Урожай капусты в осажденном Ленинграде, 1942 год.

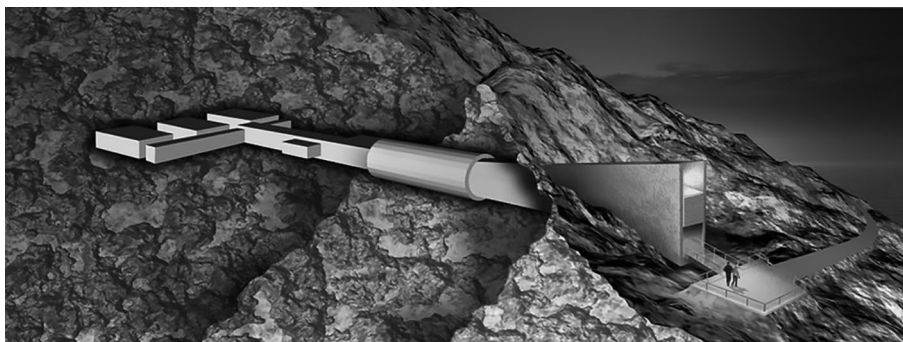


Рис. 4. Хранилище семян на архипелаге Шпицбергена в Норвегии.

ления сельского хозяйства страны. После окончания Великой Отечественной войны в коллекции осталось 180 тыс. образцов.

Через несколько лет на стене ВИР появилась мраморная табличка с золотыми буквами «Ученым Института, героически сохранившим мировую коллекцию семян в годы блокады Ленинграда». Это подарок ученых США в память о советских людях, спасших генетический фонд для будущих поколений. ВИРовская коллекция была признана самой уникальной в мире, и главный специалист генбанка ФАО при ООН К. Шривастава оценил ее в 8 трлн \$.

Для всех жителей страны коллекция семян — бесценное национальное достояние. Сегодня она насчитывает более 320 тыс. образцов генетических ресурсов растений, гербарий — 250 тыс. листов, библиотека — 1,6 млн ед. хранения. По объему это четвертый генный банк в мире. Коллекция семян используется для практических и теоретических исследований. [1]

Сейчас самая большая коллекция семян (900 тыс. видов) находится на архипелаге Шпицбергена в Норвегии. Все семена запакованы в конверты, конверты — в пластиковые четырехслойные пакеты, пакеты — в контейнеры. Микроклимат помещения поддерживает температуру 18°C (рис. 2).

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Павловская Н.Е., Кулешова Е.С., Лоскутов И.Г. Выделение и изучение антибиотических веществ, выделенных из семян ячменя коллекции ВИР им. Н.И. Вавилова //

Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. 2014. № 2. С. 86–90.

2. Прингл П. Николай Вавилов: Ученый, который хотел накормить весь мир и умер от голода. СПб.: Издательство «Альпина Паблицер», 2022. 454 с.
3. Раменская М.Е. Переписка Н.И. Вавилова как метод создания коллекции культурных растений мира // Вестник Московского университета. Серия 5. География, 2013. № 3. С. 56–61.
4. Регель Р.Э. Организация и деятельность Бюро по прикладной ботанике за первое двадцатилетие его существования (27 окт. 1894 — 27 окт. 1914) // Тр. Бюро по прикл. Ботанике. 1915. № 8 (4–5). С. 327–723.

#### REFERENCES

1. Pavlovskaya N.E., Kuleshova E.S., Loskutov I.G. Vydelenie i izuchenie antibioticheskikh veshchestv, vydelennykh iz semyan yachmenya kollektsii VIR im. N.I. Vavilova // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Himiya. Biologiya. Farmatsiya. 2014. № 2. S. 86–90.
2. Pringl P. Nikolaj Vavilov: Uchenyj, kotoryj hotel nakormit' ves' mir i umer ot goloda. SPb.: Izdatel'stvo "Al'pina Pablisheer", 2022. 454 s.
3. Ramenskaya M.E. Perepiska N.I. Vavilova kak metod sozdaniya kollektsii kul'turnyh rastenij mira // Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5. Geografiya, 2013. № 3. S. 56–61.
4. Regel' R.E. Organizatsiya i deyatel'nost' Byuro po prikladnoj botanike za pervoe dvadcatiletie ego sushchestvovaniya (27 okt. 1894 — 27 okt. 1914) // Tr. Byuro po prikl. Botanike. 1915. № 8 (4–5). S. 327–723.

Поступила в редакцию 24.05.2024

Принята к публикации 07.06.2024

## СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВЕ

Николай Игоревич Климаков, аспирант

Дмитрий Евгеньевич Кучер, кандидат технических наук, доцент

Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы, г. Москва, Россия

E-mail: klim2426@mail.ru

**Аннотация.** В статье рассматривается проблема обнаружения тяжелых металлов в почве и их влияние на растительность. Обсуждаются основополагающие задачи, современные методы, а также перспективы дальнейших исследований и новые вызовы, стоящие перед научным сообществом. Цель работы — оценка методов обнаружения тяжелых металлов в почве. Обобщены данные экспериментов, подтверждающих эффективность комбинированного метода отбора проб и спектрометрии для определения концентрации тяжелых металлов в почве, а также целесообразность использования спектров отражения растений для измерения загрязнения. Результаты исследований могут иметь практическое применение в области экологии, сельского хозяйства и охраны природы, позволяя эффективно контролировать уровень загрязнения тяжелыми металлами и принимать меры по их устранению.

**Ключевые слова:** тяжелые металлы, диагностика почв, инфракрасная спектроскопия, машинное обучение, предварительная обработка данных, загрязнение почв

## MODERN METHODS FOR DETERMINING HEAVY METALS IN SOIL

N.I. Klimakov, PhD Student

D.E. Kucher, PhD in Engineering Sciences, Associate Professor

Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba, Moscow, Russia

E-mail: klim2426@mail.ru

**Abstract.** This article discusses the problem of heavy metal detection in soil and its impact on vegetation. Based on the experience of foreign and domestic research, this article discusses global fundamental problems and challenges, modern methods of heavy metal detection, as well as prospects for further research and new challenges facing the scientific community. The aim of the study is to identify modern and established methods for the detection of heavy metals in soil, such as spectral analysis methods and reflectance spectra of plant parts. The review summarizes the results of experimental studies confirming the effectiveness of the combined sampling and spectrometry method for estimating the concentration of heavy metals in soil, as well as the feasibility of using plant reflectance spectra to measure pollution. World experience confirms the expediency of using spectral approaches to determine heavy metals in soil and analyze their impact on vegetation. The results of the research have practical application in the field of ecology, agriculture and nature protection, allow effectively controlling the level of heavy metal pollution and taking measures for its elimination.

**Keywords:** heavy metals, soil diagnostics, infrared spectroscopy, machine learning, data preprocessing, soil contamination

В научной среде открыта дискуссия по определению термина тяжелых металлов, вместо классического предлагается более конкретное: тяжелые металлы — это встречающиеся в природе металлы с атомным номером более 20 и плотностью более 5 г/см<sup>3</sup>. [6] В дальнейшем по тексту будем использовать термин «тяжелые металлы» к конкретной группе химических элементов и их соединений.

Согласно сведениям базы данных Science Direct by Elsevier с 2013 по 2023 год (дата доступа 05.04.2024) растет количество публикаций об обнаружении тяжелых металлов в различных средах и их влиянии на организмы. Применяли поисковые запросы: 1 — почва: detection or determination of heavy metals in soil и heavy metals in soil; 2 — растения: heavy metals in plants and (or) leaves and (or) roots; 3 — вода: heavy metals in water; 4 — воздух: heavy metals in air (см. рисунок).

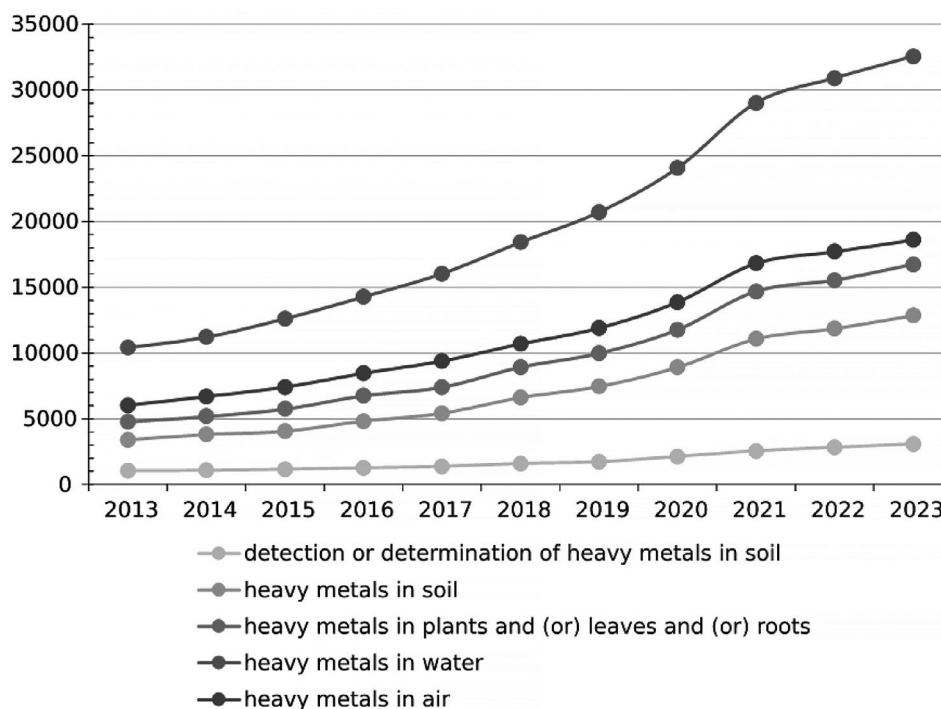
Последние исследования выделяют несколько потенциально токсичных элементов (ртуть, кадмий, мышьяк и свинец), практически не поддающихся биологическому разложению и имеющих необратимый накопительный эффект. [19] Скрытый и опасный путь попадания тяжелых металлов в организм че-

ловека — пищевая продукция. [17] Тяжелые металлы оказывают пагубное неспецифическое токсическое влияние на большинство растений, приводят к болезням, изменениям проницаемости клеточной мембраны, подавлению роста, изменению кислотности, гибели. [1–3]

Некоторые растения адаптировались к избыточному, превышающему естественный фон, содержанию тяжелых металлов в почве, выработав специфический механизм ионного обмена. [3] Степень накопления тяжелых металлов и других загрязняющих веществ неодинакова, она определяется коэффициентом биоконцентрации (отношение концентрации загрязняющих веществ в частях растений к концентрации в субстрате, в котором они произрастают). [7, 14]

При оценке количественных показателей тяжелых металлов в среде, особенно почвах, необходимо учитывать их естественные фоновые концентрации. Повышенные значения связаны с деятельностью человека. [9, 31] Наибольший объем тяжелых металлов поступает с предприятий черной и цветной металлургии, автомобильного транспорта, электростанций, работающих на сжигаемом топливе. [4, 18]





Количество публикаций о тяжелых металлах в различных средах и их обнаружение в базе данных Science Direct by Elsevier.

Почва — место стока для тяжелых металлов. Катионообменная способность почвы определяет ее свойство удерживать минеральные вещества. [14] Содержание глины и органики играет важную роль в оценке емкости катионного обмена почвы. Чтобы ее рассчитать, измеряют количество положительно заряженных минералов (натрий, калий, кальций и магний). Чем выше емкость катионного обмена, тем больше времени занимает увеличение pH. Температура и кислотность почвенной среды или раствора адсорбента влияют на поглощение ими загрязняющих веществ. [8]

Проблема загрязнения тяжелыми металлами различных сред признается на мировом уровне, подтверждается Протоколом по тяжелым металлам, принятым 24 июня 1998 года в г. Орхусе (Дания). Обзор методов определения позволит ранжировать их по степени эффективности в применении к конкретному химическому элементу и среде, в которой он содержится.

Цель исследования — оценка современных методов обнаружения тяжелых металлов в почве.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Мы сделали обзор современных технологий, описанных в зарубежных и отечественных источниках, в области определения тяжелых металлов в почве, воде и растениях.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

К классическим методам относят полевые с забором проб исследуемого вещества или среды, с дальнейшим химическим определением содержания тяжелых металлов. Обретают популярность методы спектрального анализа с помощью ручных спектрометров или камер, установленных на спутниках или беспилотных летательных аппаратах. [20, 33, 40]

### Методы определения тяжелых металлов в почве и растениях

Тяжелые металлы в почве можно определять через почвенные образцы, спектральный анализ почвенной поверхности, а также концентрацию тяжелых металлов в растениях или используя сложные модели распространения и миграции элементов от источника загрязнения. [26]

Химические методы — экстракция уксусной кислотой (обменные и специфически адсорбированные металлы), восстановителем (связанные с гидроксидами Fe/Mn), окислителем (с органическим веществом почвы).

Основные диапазоны электромагнитного излучения для анализа почв — ближний (NIR) и средний (MIR) инфракрасный спектр. При спектрометрии почв применяют диффузное отражение падающего луча. [5, 22, 25]

Наибольшей точностью обладает метод лабораторной спектрометрии, для которого необходимо отбирать почвенные образцы. Но он очень затратный по времени и ресурсам, неприменим к большим площадям, таким как сельскохозяйственные угодья. [10, 35] Поэтому используют комбинированный метод отбора проб, определение спектрометром концентрации тяжелых металлов, изучение спектра с помощью дистанционного зондирования, поиск корреляции данных, по результатам которой строят математические модели и находят правильный спектр. [38]

Основной компонент, влияющий на спектр отражения листьев растений и полога, — хлорофилл. Основываясь на корреляции между концентрацией тяжелых металлов в почве и хлорофиллом растительности, можно оценить содержание опасных элементов по спектрам отражения уязвимых растений. [16]

В некоторых исследованиях отмечено, что содержание никеля, кадмия, меди, цинка и свинца в почвах

речных пойм имеет хорошую связь со спектрами отражения видов трав, а также, что спектры отражения райграса в видимой и ближней инфракрасной областях могут быть взяты для оценки содержания цинка в пойменных почвах. [13] Другие работы демонстрируют, как можно отследить загрязнение сельскохозяйственных почв мышьяком, используя спектры отражения риса, сравнив его с количеством хлорофилла в пологе. [9, 31]

Метод спектрометрии имеет свои недостатки. Для каждого химического элемента нужно определять его диапазон по отдельности, и усложняется этот поиск тем, что в каждой почве они будут «выглядеть» по-разному. Поэтому в мире существуют «библиотеки» спектральных диапазонов для различных типов и видов почв, данные которых необходимы, чтобы достоверно определить концентрации химических элементов.

Преимущества спектрометрии — быстрота и эффективность, частичная сохранность образцов, возможность анализа в реальном времени, высокая чувствительность и точность, недостатки — ограниченность диапазонов и разрешений, необходимость калибровки, воздействие внешних факторов на результат (освещение, температура, влажность), сложность интерпретации данных, фоновые концентрации тяжелых металлов. [30, 34]

Уровень содержания тяжелых металлов в растениях и физиологические параметры можно оценить, анализируя информацию о спектральном отражении. Часто используемые спектры для получения информации о растениях — HSI, Vis-NIR, CHI-FI, LIBS и RS. [29, 37]

#### Методы определения тяжелых металлов в воде

Высокие концентрации тяжелых металлов в воде могут быть последствием чрезмерного водопотребления, сброса неочищенных сточных вод с предприятий. Загрязнения переходят в источники питьевой воды, почву при ирригации полей для засеивания, аккумулируются в тканях рыб. [28] Тяжелые металлы становятся причиной неврологических, респираторных, онкологических заболеваний, а также приводят к почечной недостаточности и слабости костей. [11] В Бангладеш был проведен эксперимент, при котором взяли пробы из пяти рек в прибрежной зоне. Для оценки загрязнения использовали индексы качества воды (WQI), металлов (MQI) и загрязнения металлов (MPI). Они показали, что концентрация тяжелых металлов превышена для показателей питьевой воды и критична для водных экосистем, но может быть применена в технических целях, в том числе для орошения полей. Состояние акватории также оценивали комбинированным подходом с помощью самоорганизующихся карт (SOM), позитивной матричной факторизации (PMF), географических информационных систем (GIS) и индекса корреляции Пирсона. Наибольшая концентрация зафиксирована в устьях рек. [12]

В некоторых странах центральные системы водоснабжения представляют опасность в отношении содержания тяжелых металлов из-за застоя воды в водопроводной системе, кулере, баках для горячей воды и водопроводных трубах. Для очистки воды чаще используют недорогие адсорбенты и смягчители осадка, а не эффективные способы (мембранная фильтрация, электролиз, мембранная дистилляция, ионный обмен).

Для озер важный индикатор — донные отложения, так как при отсутствии интенсивного перемещения водных масс, слой осадочных пород аккумулирует загрязнение продолжительное время на одном участке, сохраняя непосредственный контакт с водой. Из озера Бейшехир в Турции (источник питьевой воды) были взяты пробы воды и донных отложений. По индексам нагрузки загрязнения (PLI) и коэффициента геоаккумуляции (Igeo) выявили присутствие марганца, но в допустимой концентрации. [29] В реках распределение тяжелых металлов в донных отложениях будет менее равномерным. При изучении реки Тиста в Индии самая высокая аккумуляция тяжелых металлов была обнаружена в устье. Пробы готовили к анализу методом индуктивно-связанной плазмо-оптической эмиссионной спектроскопии (ICP-OES Model No. iCap 7600 Duo), данные обрабатывали с помощью корреляции Пирсона, анализа кластерного и главных компонент (PCA). [11]

Для определения содержания тяжелых металлов в воде чаще всего применяют данные гиперспектрального анализа, но он может быть менее эффективен при низких концентрациях. Чтобы повысить точность, используют эмпирические анализы и оценку на основе алгоритмов для выбора наиболее важных спектральных переменных. [8, 21] В лабораторных исследованиях самые точные показатели получают, используя масс-спектрометрический прибор, который требует наименьшей подготовки. Провести одновременно анализ на органические компоненты можно манипулируя микроволновой энергией, эффективно ионизируя тяжелые металлы и органические компоненты (без фрагментации). [39]

#### Методы обработки сведений и моделирование

Семейство методов частичных наименьших квадратов PLS известны, как билинейные факторные модели. PLS используют для нахождения фундаментальных соотношений между двумя матрицами (X и Y), то есть подхода со скрытой переменной к моделированию ковариационных структур в этих двух пространствах. Модель PLS попытается найти многомерное направление в пространстве X, которое объясняет максимальное направление многомерной дисперсии в пространстве Y. Регрессия PLS особенно подходит, когда матрица предикторов содержит больше переменных, чем наблюдений, и существует мультиколлинеарность среди значений X. Стандартная регрессия в этих случаях завершится неудачей. [26, 27] Регрессия по методу частичных наименьших квадратов (PLSR) — это статистический метод, который позволяет решить проблему коллинеарности данных, а также ситуации, когда количество переменных значительно превышает объем выборки.

Определение содержания тяжелых металлов в верхних слоях почвенного покрова с помощью отбора проб, независимо от дальнейшего метода, предполагает построение моделей распределения концентраций тяжелых металлов в пространстве. [20, 33] В полевом опыте невозможно отобрать пробы с минимальным шагом и при этом охватить большую площадь. [10, 15, 32] Следовательно, требуется моделирование с экстра- или интерполяцией данных об исследуемой территории или среде и определение наилучшей модели полувариограмм в соответствии с их точностью. [22, 24, 36]

Если данные не подчиняются нормальному распределению, применяют логарифмические преобразования для предположения о равной дисперсии. [5, 25] В публикациях встречается использование полувариограммных моделей (гауссова, экспоненциальная, стабильная и сферическая) для различных тяжелых металлов. Их точность оценивали по средней стандартизированной ошибке, среднеквадратичной и средней стандартной. [23, 29]

В настоящее время разрабатывается множество специализированных моделей распределения тяжелых металлов в почве и растениях, учитывающих фоновое содержание конкретного элемента или влияние и накопление различных элементов при концентрациях (валовое содержание) тяжелых металлов как фоновых значений. Например, LSM (латентная разреженная смешанная модель) рассчитана для обнаружения способности растений накапливать селен в зависимости от наличия тяжелых металлов в почве. [34]

В одной из провинций Китая применили усовершенствованный метод для оценки загрязнения тяжелыми металлами в системе «почва-растение». Это позитивная матричная факторизация (PMF) для определения корреляций между концентрациями тяжелых металлов в почве, установленных с помощью атомно-флуоресцентной спектрометрии. Формула расчета включает содержание элементов в образцах почвы, коэффициенты вклада факторов источников загрязнения, профили источников тяжелых металлов и остаточную матрицу. [40]

Распространение обретает модель SD-PCA (пространственное распределение — анализ главных компонент). Она объединяет пространственные характеристики источников загрязнения со статистическим анализом, обеспечиваемым PCA, и предлагает комплексную оценку загрязнения почвы тяжелыми металлами. [22]

Таким образом, можно говорить о разнообразных подходах к обработке сведений и тенденции исследователей создать собственные уникальные модели, по которым производятся расчет и распределение тяжелых металлов в изучаемой среде. Множество инновационных решений приводит к усложнению выбора необходимой модели при определенных условиях.

По результатам обзора можно выделить несколько перспективных задач: разработка улучшенных методов дистанционного зондирования для обнаружения тяжелых металлов в почве; объединение мировых библиотек спектральных диапазонов определяемых элементов для универсального использования по всему миру; изучение взаимосвязи между генотипом растений и их способностью отражать спектральные сигналы, связанные с наличием тяжелых металлов в почве; усовершенствование методов обработки данных для улучшения точности установления концентрации тяжелых металлов в почве и растениях; развитие новых спектральных методов исследования растений.

**Выводы.** Комбинированный метод отбора проб, определение с помощью спектрометра концентрации тяжелых металлов и изучение спектра с использованием дистанционного зондирования позволяет получать более точные и объективные данные о тяжелых металлах. Результаты исследований подтверждают возможность применения спектральных данных для оценки состояния экосистемы и контроля загрязнения в раз-

личных условиях. Это особенно важно в контексте сохранения биоразнообразия и обеспечения здоровья человека. Необходимы точные и надежные методы мониторинга загрязнения окружающей среды и работа в этом направлении продолжится.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Абилова Г.А. Влияние ионов кадмия и свинца на рост и содержание пролина в растениях тритикале (*Triticosecale Wittm.*) // Труды Карельского научного центра РАН. 2016. С. 27.
2. Пишик В.И. др. Механизмы адаптации растений к тяжелым металлам // Агрофизика. 2015. С. 39–49.
3. Терехова В.А. и др. Фитотоксичность тяжелых металлов в дерново-подзолистых почвах разной степени окультуренности // Почвоведение. 2021. № 6. С. 757–768.
4. Шабанов М.В., Стрекулев Г.Б. Геохимические процессы накопления тяжелых металлов в ландшафтах Южного Урала // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2021. Т. 332. № 1. С. 184–192.
5. Adhikari K. et al. Heavy metals concentration in soils across the conterminous USA: Spatial prediction, model uncertainty, and influencing factors // *Sci. Total Environ.* 2024. V. 919. 170972.
6. Ali H., Khan E. What are heavy metals? Long-standing controversy over the scientific use of the term 'heavy metals' — proposal of a comprehensive definition // *Toxicol. Environ. Chem.* 2018. T. 100. № 1. P. 6–19.
7. Anning A.K., Akoto R. Assisted phytoremediation of heavy metal contaminated soil from a mined site with *Typha latifolia* and *Chrysopogon zizanioides* // *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 2018. T. 148. P. 97–104
8. Bai B. et al. The remediation efficiency of heavy metal pollutants in water by industrial red mud particle waste // *Environ. Technol. Innov.* 2022. V. 28. 102944.
9. Bhuyan M.S. Contamination of Heavy Metals in Agricultural Soils: Ecological and Health Risk Assessment // *SF J. Nanochemistry Nanotechnol.* 2019
10. Chen Y.-G. et al. Impacts of heavy metals and medicinal crops on ecological systems, environmental pollution, cultivation, and production processes in China // *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 2021. V. 219. 112336.
11. Chettri U., Chakrabarty T.K., Joshi S.R. Pollution index assessment of surface water and sediment quality with reference to heavy metals in Teesta River in Eastern Himalayan range, India // *Environ. Nanotechnol. Monit. Manag.* 2022. V. 18. 100742.
12. Choudhury T.R. et al. Appraisal of heavy metal contamination and their source apportionment identification in five river water systems of the coastal areas in Bangladesh // *Reg. Stud. Mar. Sci.* 2024. V. 70. 103378.
13. Fu P. et al. A novel spectral analysis method for distinguishing heavy metal stress of maize due to copper and lead: RDA and EMD-PSD // *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 2020. V. 206. 111211.
14. Gani A. et al. An empirical investigation on the elimination of heavy metals using bioremediation method for selected plant species // *Phys. Chem. Earth Parts ABC.* 2024. T. 134. 103568
15. Genova G. et al. Analyzing soil enzymes to assess soil quality parameters in long-term copper accumulation through a machine learning approach // *Appl. Soil Ecol.* 2024. V. 195. 105261.
16. Hammam A.A. et al. Assessment of Soil Contamination Using GIS and Multi-Variate Analysis: A Case Study in El-Minia Governorate, Egypt // *Agronomy.* 2022. V. 12. № 5. 1197.

17. Hossain Md. M. et al. Heavy metal pollution in the soil-vegetable system of Tannery Estate // *Environ. Nanotechnol. Monit. Manag.* 2021. T. 16. 100557.
18. Jadaa W., Mohammed H.K. Heavy Metals – Definition, Natural and Anthropogenic Sources of Releasing into Ecosystems, Toxicity, and Removal Methods – An Overview Study // *J. Ecol. Eng.* 2023. V. 24. № 6. P. 249–271.
19. Jannetto P.J., Cowl C.T. Elementary Overview of Heavy Metals // *Clin. Chem.* 2023. T. 69. № 4. P. 336–349.
20. Khumaeni A. et al. Transversely Excited Atmospheric CO<sub>2</sub> Laser-Induced Plasma Spectroscopy for the Detection of Heavy Metals in Soil // *J. Appl. Spectrosc.* 2018. V. 84. № 6. P. 1108–1113.
21. Lin Y. et al. Estimating low concentration heavy metals in water through hyperspectral analysis and genetic algorithm-partial least squares regression // *Sci. Total Environ.* 2024. V. 916. 170225.
22. Liu J. et al. A spatial distribution – Principal component analysis (SD-PCA) model to assess pollution of heavy metals in soil // *Sci. Total Environ.* 2023. V. 859. 160112.
23. Liu N. et al. Development of smartphone-controlled and machine-learning-powered integrated equipment for automated detection of bioavailable heavy metals in soils // *J. Hazard. Mater.* 2024. V. 465. 133140.
24. Liu X. et al. A portable electromagnetic heating-microplasma atomic emission spectrometry for direct determination of heavy metals in soil // *Talanta.* 2020. V. 219. 121348.
25. Liu Z. et al. Source apportionment of soil heavy metals based on multivariate statistical analysis and the PMF model: A case study of the Nanyang Basin, China // *Environ. Technol. Innov.* 2024. V. 33. 103537.
26. Nawar S. et al. Estimation of key potentially toxic elements in arid agricultural soils using Vis-NIR spectroscopy with variable selection and PLSR algorithms // *Front. Environ. Sci.* 2023. V. 11.
27. Optical imaging spectroscopy coupled with machine learning for detecting heavy metal of plants: A review. Li J, Ren J, Cui R, Yu K and Zhao Y. 2022. URL: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2022.1007991/full> (дата обращения: 04.02.2024).
28. Potharaju R., Aruna M. A Study on Heavy Metal Pollution in Water, 2024. P. 110–120.
29. Şener E., Şener Ş., Bulut C. Assessment of heavy metal pollution and quality in lake water and sediment by various index methods and GIS: A case study in Beyşehir Lake, Turkey // *Mar. Pollut. Bull.* 2023. V. 192. 115101.
30. Tomczyk P. et al. Assessment of heavy metal contamination of agricultural soils in Poland using contamination indicators // *Ecol. Indic.* 2023. V. 156. 111161.
31. Velayatzadeh M. Heavy Metals in Surface Soils and Crops // *Heavy Metals – Recent Advances: IntechOpen*, 2023
32. Wang H. et al. Improving prediction of soil heavy metal(loid) concentration by developing a combined Co-kriging and geographically and temporally weighted regression (GTWR) model // *J. Hazard. Mater.* 2024. V. 468. 133745.
33. Wang N. et al. Predicting the spatial pollution of soil heavy metals by using the distance determination coefficient method // *Sci. Total Environ.* 2021. V. 799. p. 149452.
34. Xie T. et al. Modeling analysis of the characteristics of selenium-rich soil in heavy metal high background area and its impact on main crops // *Ecol. Inform.* 2021. V. 66. 101420.
35. Yang S. et al. An integrated analysis on source-exposure risk of heavy metals in agricultural soils near intense electronic waste recycling activities // *Environ. Int.* 2019. V. 133. 105239.
36. Yang Y. et al. Beyond mere pollution source identification: Determination of land covers emitting soil heavy metals by combining PCA/APCS, GeoDetector and GIS analysis // *CATENA.* 2020. V. 185. 104297.
37. Yao C. et al. Heavy metal pollution in agricultural soils from surrounding industries with low emissions: Assessing contamination levels and sources // *Sci. Total Environ.* 2024. V. 917. 170610.
38. Zhang J. et al. Environmental geochemical baseline determination and pollution assessment of heavy metals in farmland soil of typical coal-based cities: A case study of Suzhou City in Anhui Province, China // *Heliyon.* 2023. V. 9. № 4. e14841.
39. Zhao G. et al. Simultaneous and on-line detection of organic and heavy metal components in water using a novel nebulization-assisted injection plasma ionization triple quadrupole mass spectrometry instrument // *Anal. Chim. Acta.* 2024. V. 1304. 342531.
40. Zhao H. et al. Comprehensive assessment of heavy metals in soil-crop system based on PMF and evolutionary game theory // *Sci. Total Environ.* 2022. V. 849. 157549.

## REFERENCES

1. Abilova G.A. Vliyaniye ionov kadmia i svinca na rost i sodержanie prolina v rasteniyah tritikale (*Triticosecale* Wittm.) // *Trudy Karel'skogo nauchnogo centra RAN.* 2016. S. 27.
2. Pishik V.I. dr. Mekhanizmy adaptatsii rastenij k tyazhelym metallam // *Agrofizika.* 2015. S. 39–49.
3. Terekhova V.A. i dr. Fitotoksichnost' tyazhelyh metallov v dernovo-podzolistykh pochvah raznoj stepeni okul'turennosti // *Pochvovedenie.* 2021. № 6. S. 757–768.
4. Shabanov M.V., Strekulev G.B. Geohimicheskie processy nakopleniya tyazhelyh metallov v landshaftah Yuzhnogo Urala // *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. Inzhiniring georesursov.* 2021. T. 332. № 1. S. 184–192.
5. Adhikari K. et al. Heavy metals concentration in soils across the conterminous USA: Spatial prediction, model uncertainty, and influencing factors // *Sci. Total Environ.* 2024. V. 919. 170972.
6. Ali H., Khan E. What are heavy metals? Long-standing controversy over the scientific use of the term 'heavy metals' – proposal of a comprehensive definition // *Toxicol. Environ. Chem.* 2018. T. 100. № 1. P. 6–19.
7. Anning A.K., Akoto R. Assisted phytoremediation of heavy metal contaminated soil from a mined site with *Typha latifolia* and *Chrysopogon zizanioides* // *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 2018. T. 148. P. 97–104
8. Bai B. et al. The remediation efficiency of heavy metal pollutants in water by industrial red mud particle waste // *Environ. Technol. Innov.* 2022. V. 28. 102944.
9. Bhuyan M.S. Contamination of Heavy Metals in Agricultural Soils: Ecological and Health Risk Assessment // *SF J. Nanochemistry Nanotechnol.* 2019
10. Chen Y.-G. et al. Impacts of heavy metals and medicinal crops on ecological systems, environmental pollution, cultivation, and production processes in China // *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 2021. V. 219. 112336.
11. Chettri U., Chakrabarty T.K., Joshi S.R. Pollution index assessment of surface water and sediment quality with reference to heavy metals in Teesta River in Eastern Himalayan range, India // *Environ. Nanotechnol. Monit. Manag.* 2022. V. 18. 100742.
12. Choudhury T.R. et al. Appraisal of heavy metal contamination and their source apportionment identification in five river water systems of the coastal areas in Bangladesh // *Reg. Stud. Mar. Sci.* 2024. V. 70. 103378.
13. Fu P. et al. A novel spectral analysis method for distinguishing heavy metal stress of maize due to copper and lead: RDA and EMD-PSD // *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 2020. V. 206. 111211.

14. Gani A. et al. An empirical investigation on the elimination of heavy metals using bioremediation method for selected plant species // *Phys. Chem. Earth Parts ABC*. 2024. T. 134. 103568
15. Genova G. et al. Analyzing soil enzymes to assess soil quality parameters in long-term copper accumulation through a machine learning approach // *Appl. Soil Ecol.* 2024. V. 195. 105261.
16. Hammam A.A. et al. Assessment of Soil Contamination Using GIS and Multi-Variate Analysis: A Case Study in El-Minia Governorate, Egypt // *Agronomy*. 2022. V. 12. № 5. 1197.
17. Hossain Md. M. et al. Heavy metal pollution in the soil-vegetable system of Tannery Estate // *Environ. Nanotechnol. Monit. Manag.* 2021. T. 16. 100557.
18. Jadaa W., Mohammed H.K. Heavy Metals – Definition, Natural and Anthropogenic Sources of Releasing into Ecosystems, Toxicity, and Removal Methods – An Overview Study // *J. Ecol. Eng.* 2023. V. 24. № 6. P. 249–271.
19. Jannetto P.J., Cowl C.T. Elementary Overview of Heavy Metals // *Clin. Chem.* 2023. T. 69. № 4. P. 336–349.
20. Khumaeni A. et al. Transversely Excited Atmospheric CO<sub>2</sub> Laser-Induced Plasma Spectroscopy for the Detection of Heavy Metals in Soil // *J. Appl. Spectrosc.* 2018. V. 84. № 6. P. 1108–1113.
21. Lin Y. et al. Estimating low concentration heavy metals in water through hyperspectral analysis and genetic algorithm-partial least squares regression // *Sci. Total Environ.* 2024. V. 916. 170225.
22. Liu J. et al. A spatial distribution – Principal component analysis (SD-PCA) model to assess pollution of heavy metals in soil // *Sci. Total Environ.* 2023. V. 859. 160112.
23. Liu N. et al. Development of smartphone-controlled and machine-learning-powered integrated equipment for automated detection of bioavailable heavy metals in soils // *J. Hazard. Mater.* 2024. V. 465. 133140.
24. Liu X. et al. A portable electromagnetic heating-microplasma atomic emission spectrometry for direct determination of heavy metals in soil // *Talanta*. 2020. V. 219. 121348.
25. Liu Z. et al. Source apportionment of soil heavy metals based on multivariate statistical analysis and the PMF model: A case study of the Nanyang Basin, China // *Environ. Technol. Innov.* 2024. V. 33. 103537.
26. Nawar S. et al. Estimation of key potentially toxic elements in arid agricultural soils using Vis-NIR spectroscopy with variable selection and PLSR algorithms // *Front. Environ. Sci.* 2023. V. 11.
27. Optical imaging spectroscopy coupled with machine learning for detecting heavy metal of plants: A review. Li J, Ren J, Cui R, Yu K and Zhao Y. 2022. URL: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2022.1007991/full> (дата обращения: 04.02.2024).
28. Potharaju R., Aruna M. A Study on Heavy Metal Pollution in Water, 2024. P. 110–120.
29. Şener E., Şener Ş., Bulut C. Assessment of heavy metal pollution and quality in lake water and sediment by various index methods and GIS: A case study in Beyşehir Lake, Turkey // *Mar. Pollut. Bull.* 2023. V. 192. 115101.
30. Tomczyk P. et al. Assessment of heavy metal contamination of agricultural soils in Poland using contamination indicators // *Ecol. Indic.* 2023. V. 156. 111161.
31. Velayatzadeh M. Heavy Metals in Surface Soils and Crops // *Heavy Metals – Recent Advances: IntechOpen*, 2023
32. Wang H. et al. Improving prediction of soil heavy metal(loid) concentration by developing a combined Co-kriging and geographically and temporally weighted regression (GTWR) model // *J. Hazard. Mater.* 2024. V. 468. 133745.
33. Wang N. et al. Predicting the spatial pollution of soil heavy metals by using the distance determination coefficient method // *Sci. Total Environ.* 2021. V. 799. p. 149452.
34. Xie T. et al. Modeling analysis of the characteristics of selenium-rich soil in heavy metal high background area and its impact on main crops // *Ecol. Inform.* 2021. V. 66. 101420.
35. Yang S. et al. An integrated analysis on source-exposure risk of heavy metals in agricultural soils near intense electronic waste recycling activities // *Environ. Int.* 2019. V. 133. 105239.
36. Yang Y. et al. Beyond mere pollution source identification: Determination of land covers emitting soil heavy metals by combining PCA/APCS, GeoDetector and GIS analysis // *CATENA*. 2020. V. 185. 104297.
37. Yao C. et al. Heavy metal pollution in agricultural soils from surrounding industries with low emissions: Assessing contamination levels and sources // *Sci. Total Environ.* 2024. V. 917. 170610.
38. Zhang J. et al. Environmental geochemical baseline determination and pollution assessment of heavy metals in farmland soil of typical coal-based cities: A case study of Suzhou City in Anhui Province, China // *Heliyon*. 2023. V. 9. № 4. e14841.
39. Zhao G. et al. Simultaneous and on-line detection of organic and heavy metal components in water using a novel nebulization-assisted injection plasma ionization triple quadrupole mass spectrometry instrument // *Anal. Chim. Acta*. 2024. V. 1304. 342531.
40. Zhao H. et al. Comprehensive assessment of heavy metals in soil-crop system based on PMF and evolutionary game theory // *Sci. Total Environ.* 2022. V. 849. 157549.

*Поступила в редакцию 12.06.2024*

*Принята к публикации 26.06.2024*

## **$B_{12}$ НЕДОСТАТОЧНОСТЬ: ЖИЗНЕННО ЗНАЧИМЫЕ АСПЕКТЫ И КЛИНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ СУКЦИНАТ СОДЕРЖАЩЕГО ЦИАНОКОБАЛАМИНА**

Алексей Алексеевич Евглевский<sup>1</sup>, доктор ветеринарных наук, профессор

Сергей Иванович Шуклин<sup>2</sup>, кандидат биологических наук

<sup>1</sup>ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр», г. Курск, Россия

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО Курский Государственный аграрный университет, г. Курск, Россия

E-mail: evgl46@yandex.ru

**Аннотация.** Цель исследований — обзор патологических процессов при  $B_{12}$  недостаточности и клиническое обоснование использования сукцината для потенцирования биологической активности цианокобаламина. Показано, что одна из возможных причин низкой клинической эффективности препарата цианокобаламин — дефицит энергии, обусловленный сбоем энергетического метаболизма, протекающего при низком кислородном обеспечении. Установлено, что двукратное, в максимально высоких разовых дозах инъекционное применение коровам сукцинат содержащего цианокобаламина обеспечило быструю нормализацию показателя резервной щелочности и кетоновых тел, снижение до физиологических значений белка и ферментов трансаминирования АлАТ и АсАТ, что свидетельствовало о качественном улучшении процессов энергетического метаболизма, протекающих в печени. Применение фармакопейного цианокобаламина не имело значимого эффекта. Включение сукцината натрия в состав цианокобаламина позволяет качественно улучшить биологическую активность препарата.

**Ключевые слова:**  $B_{12}$ , недостаточность, цианокобаламин, сукцинат, коровы, энергетический метаболизм

## **$B_{12}$ DEFICIENCY: VITAL ASPECTS AND VALID CLINICAL APPLICABILITY OF SUCCINATE CONTAINING CYANOCOBALAMIN**

A.A. Evglevsky<sup>1</sup>, Grand PhD in Veterinary Sciences, Professor

S.I. Shuklin<sup>2</sup>, PhD in Biological Sciences

<sup>1</sup>Federal State Budgetary Institution "Kursk Federal Agrarian Scientific Center", Kursk, Russia

<sup>2</sup>FGBOU IN Kursk State University, Kursk, Russia

E-mail: evgl46@yandex.ru

**Abstract.** The aim of the research is to review the vital pathological processes in  $B_{12}$  insufficiency and the clinical justification for the use of succinate to potentiate the biological activity of cyanocobalamin. It has been shown that one of the possible reasons for the low clinical efficacy of cyanocobalamin is energy deficiency. The energy deficit is caused by a malfunction of the energy metabolism occurring in conditions of low oxygen supply. In the course of clinical studies, it was found that the double injection of succinate containing cyanocobalamin to cows in the highest possible single doses provided rapid normalization of the reserve alkalinity index and ketone bodies. This effect indicated a qualitative improvement in the processes of energy metabolism occurring in the liver. This was also indicated by a decrease in the physiological values of protein and transamination enzymes AlAT and AsAT. On the contrary, the use of pharmacopoeial cyanocobalamin had no significant effect. Thus, there is every reason to believe that the inclusion of sodium succinate in cyanocobalamin is justified, since it allows to qualitatively improve the biological activity of the drug.

**Keywords:**  $B_{12}$  deficiency, cyanocobalamin, succinate, cows, energy metabolism

Одна из наиболее распространенных форм патологических состояний в организме человека и животных —  $B_{12}$  недостаточность. [3, 9] В пожилом возрасте дефицит витамина  $B_{12}$  — 10...20% и чаще всего ассоциируется со старческой астенией, болезнью Альцгеймера, заболеваниями сердечно-сосудистой системы. [1, 2, 18, 20] Цианокобаламин открыт в 20-х годах прошлого века. Впервые противанемический эффект неизвестного вещества обнаружил Уильям Мерфи в эксперименте на собаках, у которых была искусственно вызвана анемия. Кормление собак печенью полностью редуцировало анемический синдром. В результате поисковых исследований Джордж Уипл и Джордж Майнот смогли выделить из печени неизвестное науке вещество, получившее название витамин  $B_{12}$ . В 1934 году все трое ученых были удостоены Нобелевской премии по медицине.

Открытие  $B_{12}$  инициировало широкомасштабные исследования, позволившие раскрыть неизвестные страницы симптоматики патологий, связанных с не-

достаточностью витамина  $B_{12}$  в организме людей и животных. В ходе клинических наблюдений выявлено, что витамин  $B_{12}$  принимает участие в многочисленных физиологических процессах, необходимых для нормального роста, развития и обмена веществ. Дефицит витамина  $B_{12}$  может приводить к тяжелым, в том числе угрожающим жизни, патологиям различных органов и систем. Были определены основные клинические проявления нехватки  $B_{12}$  у людей — мегалобластная анемия и поражение нервной системы. [9] Недостаток витамина  $B_{12}$  вызывает в костном мозге образование аномально больших красных кровяных телец. Поступая в кровь, они не могут нормально циркулировать в мелких кровеносных сосудах, что приводит к ухудшению поступления кислорода в ткани, в результате развивается гипоксия. В гематологическом профиле дефицит витамина  $B_{12}$  проявляется анемией, лейкопенией, тромбоцитопенией, панцитопенией. [8, 10, 15]

Клинические симптомы  $B_{12}$  недостаточности: астенция (постоянная слабость), заболевания сердечно-со-

судистой системы (одышка, учащенное сердцебиение), потеря аппетита, ухудшение памяти, патологические поражения языка, гиперпигментация, витилиго (обесцвеченные участки кожи), психоэмоциональные нарушения (апатия, депрессия, сонливость, агрессивность, зрительные и слуховые галлюцинации). [4, 16]

Симптомы нарушений в центральной нервной системе — снижение концентрации внимания, деменция, в периферической — онемение, парестезия, синдром беспокойных ног, нарушение обоняния. [4, 10, 16]

Недостаток витамина  $B_{12}$  вызывает поражение спинного мозга (фуникулярный миелоз), развивается слабость в конечностях, дискоординация движений, шаткая походка. [8, 14]

Частые причина дефицита  $B_{12}$  у людей: вегетарианский тип питания (40...80%); низкокалорийная диета с отказом от продуктов животного происхождения; нарушение пищеварения; длительный прием некоторых медикаментов; наследственный фактор и аутоиммунные заболевания. [9, 13]

В 5% случаев при дефиците витамина  $B_{12}$  наблюдается атрофия зрительных нервов и снижение остроты зрения. [4]

Установлено, что наибольшую потребность в витамине испытывают быстро делящиеся клетки — эмбриональной ткани, ростовые молодого организма, крови. [8,10]

Витамин  $B_{12}$  активно участвует в энергетическом метаболизме белков, жиров и углеводов. [17] При его нехватке нарушается синтез энергии, в результате чего люди испытывают хроническую усталость.

Вышеперечисленные симптомы наблюдаются не только при  $B_{12}$  недостаточности, но и заболеваниях метаболического и инфекционного генеза.

В ветеринарии с  $B_{12}$  дефицитом связывают проблемы нарушения процессов пищеварения, извращение аппетита, слабое развитие и отставание в росте молодых животных, хронические желудочно-кишечные заболевания (ацидоз рубца, гастрит), анемию, заболевания печени, нарушения энергетического метаболизма, суставные патологии, невриты.

В отличие от людей многие животные выработали естественные механизмы образования витамина  $B_{12}$ . У жвачных это происходит в результате бактериального синтеза при пищеварении. Отдельные виды травоядных для получения витамина используют копрофагию. Многочисленные клинические наблюдения свидетельствуют о том, что эволюционные механизмы восполнения витамина  $B_{12}$  не позволяют обеспечить потребности в нем высокопродуктивных животных. Чтобы снизить риск развития  $B_{12}$  недостаточности в ветеринарии применяют кобальт хлорид или содержащие его биодобавки в рационах кормления животных.

Методы диагностики  $B_{12}$  недостаточности находятся в стадии изучения, при оценке результатов лабораторных тестов на кобаламин определяющим считается клиническое состояние. [8–10] Много вопросов связано с низкой эффективностью средств профилактики  $B_{12}$  недостаточности, что требует научного анализа и конкретных предложений.

Цель работы — обзор патологических процессов при  $B_{12}$  недостаточности, теоретическое обоснование применения сукцината для потенцирования биологической активности цианокобаламина и оценка его клинической эффективности.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Провели научный обзор литературы по анализу жизненно важных патологических процессов при  $B_{12}$  недостаточности и применению сукцинатов для активации энергетического метаболизма в условиях низкого кислородного обеспечения. В клинических исследованиях использовали фармакопейный препарат Цианокобаламин и Цианокобаламин в комплексе с 1% сукцината натрия.

Объект клинических исследований — коровы с признаками  $B_{12}$  недостаточности. Биохимическое изучение сыворотки крови осуществляли на автоматическом анализаторе Bio Chem FC-200.

Уровень гемоглобина определяли гемометром Сали, эритроциты подсчитывали в камере Горяева с помощью стандартных методик. Цифровые показатели биометрически обрабатывали в Excel.

Различия между группами оценивали с помощью параметрического t-критерия Стьюдента. Статистически значимый уровень по отношению к аналогичным показателям сравниваемой группы —  $P < 0,05$ .

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Первые исследования по искусственному синтезу витамина  $B_{12}$  были начаты в 60-х годах XX века. В 1972 году способы получения позволяли обеспечить промышленное производство Цианокобаламина. В основе технологии — микробиологический синтез из *Propionobacterium*, а также *Pseudomonas* и смешанных структурных бактерий. [11, 19] Для лечебных целей Цианокобаламин выпускали в виде растворов для парентерального введения. Разработаны и пероральные формы Цианокобаламина. [12] Их обычно включают в состав поливитаминных препаратов. При рег-ос применении потери цианокобаламина неизбежны, так как часть витамина используется микробиотой желудочно-кишечного тракта.

Принимая во внимание потенциально широкий спектр патофизиологических состояний, при которых роль  $B_{12}$  недостаточности высокая, но не единственная, в медицине и ветеринарии разрабатывают комплексные препараты, содержащие Цианокобаламин.

Инъекционная форма препарата представляет собой водный раствор, содержащий в 1 мл 500 мкг Цианокобаламина (витамин  $B_{12}$ ), а также натрия хлорид и воду. Его применяют подкожно или внутримышечно один-два раза в день. При этом дозировка Цианокобаламина не должна превышать 5...10 мкг/кг массы тела. Это создает проблемы при индивидуальном применении препарата животным с небольшой массой тела. Низкие дозы препарата при высокой концентрации действующего вещества существенно ограничивают возможность применения Цианокобаламина. Для получения клинически позитивного результата требуется длительный курс. Инъекции Цианокобаламина болезненные и приводят к стрессовой реакции. Эта проблема никак не решается производителями препарата.

Биологическая активность любого лекарственного препарата зависит от энергетического потенциала организма. Если энергетические процессы протекают в условиях низкого кислородного обеспечения биологическое действие Цианокобаламина будет снижено.

Быстро повысить энергетический потенциал организма, чтобы обеспечить необходимый фон для ускорения клинического действия препарата возможно с помощью сукцинатов (соли янтарной кислоты). [7] Впервые их высокая эффективность показана в экспериментальных исследованиях ученых института теоретической и экспериментальной биофизики Российской академии наук. Они установили, что в условиях кислородной недостаточности дыхательная цепь митохондрий не может принять на себя водород от какого-либо иного субстрата, кроме янтарной кислоты (ЯК). Благодаря этому происходит образование высокоэнергетических фосфатных связей и реализуется синтез молекул АТФ. В условиях дефицита энергии только ЯК способна быстро обеспечить синтез АТФ (энергии). В таком случае есть все основания рассчитывать на повышение биологической активности Цианокобаламина при комбинации его с янтарной кислотой.

Уникальные свойства ЯК используют для улучшения фармакологической активности и снижения токсического действия многих лекарственных средств. [5]

#### *Результаты оценки сукцинат содержащего Цианокобаламина*

На основе клинических исследований у нас накоплен большой опыт применения сукцинатов при патологических состояниях и заболеваниях продуктивных животных. [6] Определена минимальная концентрация сукцината, обеспечивающая позитивный клинический эффект при парентеральном введении в общепринятых дозировках — 2...10...15 мл. Мы использовали водный раствор 2% янтарной кислоты, нейтрализованный гидроксидом натрия (рН = 6,0...6,3) и 0,5% новокаина. В соотношении 1 : 1 с фармакопейным Цианокобаламином конечный продукт имел 1% сукцинат и 250 мкг/мл Цианокобаламина. Дозировку сукцинат содержащего препарата определяли по Цианокобаламину, по сравнению с фармакопейным, доза увеличивалась в два раза. Препарат можно применять

и в общепринятых дозах — от 1...2 мл до 10...15 мл крупным животным. В медицине нет единого мнения об оптимальном количестве витамина В<sub>12</sub> для коррекции неврологических и гематологических проявлений дефицита. [9] Сукцинат снижает вероятность побочного действия цианокобаламина в случае его передозировки. Стерилизация автоклавированием не изменяет физических свойств конечного продукта.

При внутримышечном введении сукцинат содержащего Цианокобаламина (5...7 мл) клинически здоровым бычкам массой тела 45...50 кг побочных реакций не выявлено.

#### *Результаты оценки сукцинат содержащего Цианокобаламина при белковом перекорме новотельных коров с признаками В<sub>12</sub> недостаточности*

Место проведения клинических опытов — молочный комплекс учхоза «Знаменский» Курской ГСХА. Объект изучения — высокопродуктивные новотельные коровы при достижении ими пика молочной продуктивности. В этот период энергетические потребности животных удовлетворяли большим количеством концентратов. При контрольном биохимическом исследовании обнаружены превышающие верхние пределы физиологических значений показатели белка, кетоновых тел и ферментов трансаминирования. Ниже фоновых значений была резервная щелочность и глюкоза. Установлен сбой энергетического метаболизма и развитие патобиохимических процессов по типу метаболического кетоацидоза.

Формирование подопытных групп коров проводили по клиническому состоянию и результатам биохимических исследований крови. Туда включали коров с признаками извращенного аппетита, нарушениями волосяного покрова, аллопециями (бесшерстные участки). В каждой группе было по пять коров.

Вводили фармакопейный препарат Цианокобаламин — 8 мл (4000 мкг), сукцинат содержащий — 16 мл (по Цианокобаламину — 4000 мкг). Такая доза близка

**Влияние препаратов цианокобаламина на биохимический статус коров с фоновыми признаками В<sub>12</sub> недостаточности**

| Показатель                             | Нормативный показатель | Группа                                |                            |                      |
|----------------------------------------|------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------|
|                                        |                        | первая<br>(Сукцинат + Цианокобаламин) | вторая<br>(Цианокобаламин) | третья<br>(Контроль) |
| Общий белок, г/л                       | 70...85                | 89,37±3,26                            | 88,53±3,25                 | 87,56±3,21           |
|                                        |                        | 83,75±3,22                            | 86,49±3,24                 | 87,34±3,27           |
|                                        |                        | 82,64±3,24                            | 85,41±3,25                 | 86,45±3,42           |
| Резервная щелочность, ммоль/л          | 19...27                | 16,82±0,73                            | 17,21±0,57                 | 17,23±0,32           |
|                                        |                        | 19,61±0,69                            | 18,07±0,32                 | 17,05±0,31           |
|                                        |                        | 22,35±0,74                            | 18,34±0,48                 | 16,81±0,29           |
| Кетоновые тела, ммоль/л                | 0,3...1,2              | 1,9±0,04                              | 1,9±0,03                   | 1,9±0,02             |
|                                        |                        | 1,2±0,04*                             | 1,8±0,05                   | 2,0±0,03             |
|                                        |                        | 1,1±0,02*                             | 1,7±0,04                   | 2,4±0,04             |
| Глюкоза, ммоль/л                       | 2,2...3,3              | 2,3±0,05                              | 2,3±0,06                   | 2,2±0,04             |
|                                        |                        | 2,5±0,06                              | 2,4±0,03                   | 2,1±0,05             |
|                                        |                        | 2,9±0,07                              | 2,6±0,02                   | 2,1±0,02             |
| Аспартат аминотрансфераза (АсАТ), ед/л | 30...90                | 102,6±5,8                             | 101,7±5,6                  | 102,7±5,5            |
|                                        |                        | 87,6±5,4                              | 99,5±5,4                   | 107,4±6,4            |
|                                        |                        | 73,5±5,1*                             | 94,7±5,6                   | 112,3±6,5            |
| Аланин аминотрансфераза (АлАТ), ед/л   | 25...50                | 57,4±2,9                              | 56,8±2,8                   | 57,2±2,5             |
|                                        |                        | 42,5±2,7                              | 53,2±2,9                   | 63,4±2,7             |
|                                        |                        | 39,6±2,6*                             | 51,6±2,7                   | 72,1±2,9             |

*Примечание:* Первая строка — исходные показатели, вторая — на 7 сут., третья — 14 сут. эксперимента; \* — достоверность по отношению ко второй группе  $P < 0,05$ .



к максимальной. В течение 5 дн. побочного действия препаратов выявлено не было, первые признаки позитивного влияния на клиническое состояние коров первой группы (Цианокобаламин + сукцинат) начали проявляться на 2...3 сут., появился аппетит. У животных второй группы (Цианокобаламин) некоторое улучшение клинического состояния было на 5...7 сут.

На 7 сут. курс повторили. У коров первой группы повысилась молочная продуктивность. На 10 сут. она выросла на 1...2 л. На 14 сут. обозначился рост волос на участках с алопециями. В этот период клиническое состояние коров второй группы (Цианокобаламин) было заметно хуже, слабее аппетит и жвачка. Молочная продуктивность только начала приобретать тенденцию к росту, волосяной покров — тусклый.

Контрольные биохимические исследования сыворотки крови были проведены на 7 и 14 сут. (см. таблицу).

По результатам биохимических исследований сыворотки крови у коров первой группы (Сукцинат + Цианокобаламин) на 7 сут. показатели содержания белка снизились до верхнего предела физиологических значений, второй (Цианокобаламин) — обозначилась тенденция к снижению.

Показатель резервной щелочности у животных первой группы повысился до средних референсных значений, второй — был на уровне близком к их нижней границе. Если энергетический обмен идет в условиях низкого кислородного обеспечения, будет накопление недоокисленных продуктов метаболизма (лактат и кетокислоты). В данном случае позитивную роль сыграл сукцинат. О качественном улучшении процессов энергетического метаболизма свидетельствуют показатели ферментов трансаминирования АЛАТ и АсАТ. У коров первой группы они были намного лучше, чем у второй.

**Выводы.** Результаты биохимических и гематологических исследований свидетельствуют о том, что включение сукцината в состав фармакопейного Цианокобаламина обеспечило хорошо выраженную коррекцию энергетического метаболизма при клиническом проявлении В<sub>12</sub> недостаточности у коров. Данный аспект необходимо принять во внимание производителям препарата Цианокобаламин.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Боголепова А.Н., Васенина Е.Е., Гомзякова Н.А. и др. Клинические рекомендации «Когнитивные расстройства у пациентов пожилого и старческого возраста» // Журнал неврологии и психиатрии имени С.С. Корсакова. 2021. № 121 (10-3). С. 6—137.
- Драпкина О.М., Шепель Р.Н. Связь между дефицитом витамина В<sub>12</sub>, риском развития сердечно-сосудистых заболеваний и процессами старения // Рациональная терапия в кардиологии. 2017. № 13(1). С. 100—106. <https://doi.org/10.20996/1819-6446-2017-13-1-100-106>
- Екушева Е.В., Ших Е.В., Аметов А.С. и др. Проблема дефицита витамина В<sub>12</sub>: актуальность, диагностика и таргетная терапия (по материалам междисциплинарного совета экспертов с международным участием) // Журнал неврологии и психиатрии имени С.С. Корсакова. 2021. № 121(11). С. 17—25.
- Зиновьева О.Е., Емельянова А.Ю., Кожев А.И. и др. Неврологические проявления дефицита витамина В<sub>12</sub> // Эффективная фармакотерапия. 2021. Т. 17. № 6. С. 22—28. <https://doi.org/10.33978/2307-3586-2021-17-6-22-28>
- Коваленко А.Л., Белякова Н.В. Янтарная кислота: фармакологическая активность и лекарственные формы // Фармация. 2000. № 5—6. С. 40—42.
- Лебедев А.Ф., Швеиц О.М., Евлевский А.А. и др. Разработка и применение препаратов на основе янтарной кислоты // Ветеринария. 2009. № 3. С. 48—51.
- Маевский Е., Васильева А., Гришина Е. и др. Метаболическое обоснование применения сукцинат содержащих композиций для поддержания высокой функциональной активности организма // Cardiomety. 2020. № 16. С. 15—25. <https://doi.org/10.12710/cardiomety.2020.16.1525>
- Полякова О.А., Клепикова М.В., Остроумова О.Д. Диагностика В<sub>12</sub>-дефицитной анемии и способы ее коррекции в разных клинических ситуациях. Non nocere // Новый терапевтический журнал. 2021. № 11. С. 64—74.
- Пономарев Н.А. Супонев Л.В., Екушева А.Д. и др. Резолюция совета экспертов «Недостаточность/дефицит витамина В<sub>12</sub> в клинической практике» // Терапия. 2023. № 1. С. 116—121. <https://dx.doi.org/10.18565/therapy.2023.1.116-121>
- Ушкалова Е.А., Зырянов С.К., Затолочина К.Э. Новые подходы к диагностике и лечению В<sub>12</sub>-дефицитных состояний // Профилактическая медицина. 2021. № 24(3). С. 59—669.
- Филимонова В.В., Тарабрин В.В. Производство витамина В<sub>12</sub> // Ж. Молодой ученый. 2017. № 17 (151). С. 9. ISSN 2072-0297.
- Ших Е.В., Сизова Ж.М., Астаева М.О. Пероральное применение цианокобаламина при функциональном дефиците витамина В<sub>12</sub>: эффективность и безопасность // Неврология, нейропсихиатрия, психосоматика. 2021. № 13(4). С. 109—115.
- Antony A.C. Vegetarianism and vitamin B-12 (cobalamin) deficiency // Am. J. Clin. Nutr. 2003 Vol. 78. № 1. PP. 3—6.
- Azize Esra Gürsoy, Mehmet Koluksa, Gülsen Babacan-Yıldız, Arif Çelebi. Subacute Combined Degeneration of the Spinal Cord due to Different Etiologies and Improvement of MRI Findings (англ.) // Case Reports in Neurological Medicine. 2013.03.27 (Vol. 2013). ISSN 2090-6668. <https://doi.org/10.1155/2013/159649>. PMID 23607009
- Devalia V., Hamilton M.S., Molloy A.M. British Committee for Standards in Haematology. Guidelines for the diagnosis and treatment of cobalamin and folate disorders // Br J Haematol. 2014. No. 166(4). PP. 496—513. <https://dx.doi.org/10.1111/bjh.12959>
- Grober U., Kisters K., Schmidt J. Neuroenhancement with vitamin B12 — Underestimated neurological significance // Nutrients. 2013. No. 5(12). PP. 5031—45. <https://dx.doi.org/10.3390/nu5125031>
- Huijts M., van Oostenbrugge R., Rouhl R.P. et al. Effects of vitamin B12 supplementation on cognition, depression, and fatigue in patients with lacunar stroke // Int. Psychogeriatr. 2013. Vol. 25. No. 3. PP. 508—510.
- Khodabandehloo N., Vakili M., Hashemian Z., Zare Zardini H. Determining functional vitamin B12 deficiency in the elderly // Iran Red Crescent Med J. 2015. No. 17(8). e13138. [https://dx.doi.org/10.5812/ircmj.17\(6\)2015.13138](https://dx.doi.org/10.5812/ircmj.17(6)2015.13138)
- Piwożarek K., Lipińska E., Hać-Szymańczuk E. et al. Propionibacterium spp.-source of propionic acid, vitamin B12, and other metabolites important for the industry // Appl Microbiol Biotechnol. 2018. No. 102(2). PP. 515—538.
- Spence J.D. Metabolic vitamin B12 deficiency: A missed opportunity to prevent dementia and stroke // Nutr Res. 2016. No. 36(2). PP. 109—16. <https://dx.doi.org/10.1016/j.nutres.2015.10.003>

## REFERENCES

1. Bogolepova A.N., Vasenina E.E., Gomzyakova N.A. i dr. Klinicheskie rekomendacii «Kognitivnye rasstrojstva u pacientov pozhilogo i starcheskogo vozrasta» // Zhurnal nevrologii i psikiatrii imeni S.S. Korsakova. 2021. № 121(10-3). S. 6–137.
2. Drapkina O.M., Shepel' R.N. Svyaz' mezhdu deficitom vitamina V12, riskom razvitiya serdechno-sosudistyh zabolevanij i processami starenija // Racional'naya terapiya v kardiologii. 2017. № 13(1). S. 100–106. <https://doi.org/10.20996/1819-6446-2017-13-1-100-106>
3. Ekusheva E.V., Shih E.V., Ametov A.S. i dr. Problema deficita vitamina V12: aktual'nost', diagnostika i targetnaya terapiya (po materialam mezhdisciplinarnogo soveta ekspertov s mezhdunarodnym uchastiem) // Zhurnal nevrologii i psikiatrii imeni S.S. Korsakova. 2021. № 121(11). S. 17–25.
4. Zinov'eva O.E., Emel'yanova A.Yu., Kozhev A.I. i dr. Nevrologicheskie proyavleniya deficita vitamina V12 // Effektivnaya farmakoterapiya. 2021. T. 17. № 6. S. 22–28. <https://doi.org/10.33978/2307-3586-2021-17-6-22-28>
5. Kovalenko A.L., Belyakova N.V. Yantarnaya kislota: farmakologicheskaya aktivnost' i lekarstvennye formy // Farmaciya. 2000. № 5–6. S. 40–42.
6. Lebedev A.F., Shvec O.M., Evglevskij A.A. i dr. Razrabotka i primeneniye preparatov na osnove yantarnoj kisloty // Veterinariya. 2009. № 3. S. 48–51.
7. Maevskij E., Vasil'eva A., Grishina E. i dr. Metabolicheskoe obosnovanie primeneniya sukcinat sodержashchih kompozicij dlya podderzhaniya vysokoj funkcional'noj aktivnosti organizma // Sardiometry. 2020. № 16. S. 15–25. <https://doi.org/10.12710/sardiometry.2020.16.1525>
8. Polyakova O.A., Klepikova M.V., Ostroumova O.D. Diagnostika B12-deficitnoj anemii i sposoby ee korrekcii v raznyh klinicheskikh situacijah. Non nocere // Novyj terapevticheskij zhurnal. 2021. № 11. S. 64–74.
9. Ponomarev N.A. Suponeva L.V., Ekusheva A.D. i dr. Rezolyuciya soveta ekspertov «Nedostatocnost'/ deficit vitamina B12 v klinicheskoy praktike» // Terapiya. 2023. № 1. S. 116–121. <https://dx.doi.org/10.18565/therapy.2023.1.116-121>
10. Ushkalova E.A., Zyryanov S.K., Zatolochina K.E. Novye podhody k diagnostike i lecheniyu B12-deficitnyh sostoyanij // Profilakticheskaya medicina. 2021. № 24(3). S. 59–669.
11. Filimonova V.V., Tarabrin V.V. Proizvodstvo vitamina B12 // Zh. Molodoj uchenyj. 2017. № 17 (151). S. 9. ISSN 2072-0297.
12. Shih E.V., Sizova Zh.M., Astaeva M.O. Peroral'noe primeneniye cianokobalamina pri funkcional'nom deficite vitamina V12: effektivnost' i bezopasnost' // Nevrologiya, neropsihiatriya, psihosomatika. 2021. № 13(4). S. 109–115.
13. Antony A.C. Vegetarianism and vitamin B-12 (cobalamin) deficiency // Am. J. Clin. Nutr. 2003 Vol. 78. № 1. PP. 3–6.
14. Azize Esra Gürsoy, Mehmet Kolukisa, Gülsen Babacan-Yıldız, Arif Çelebi. Subacute Combined Degeneration of the Spinal Cord due to Different Etiologies and Improvement of MRI Findings (АНГЛ.) // Case Reports in Neurological Medicine. 2013.03.27 (Vol. 2013). ISSN 2090-6668. <https://doi.org/10.1155/2013/159649>. PMID 23607009
15. Devalia V., Hamilton M.S., Molloy A.M. British Committee for Standards in Haematology. Guidelines for the diagnosis and treatment of cobalamin and folate disorders // Br J Haematol. 2014. No. 166(4). PP. 496–513. <https://dx.doi.org/10.1111/bjh.12959>
16. Grober U., Kisters K., Schmidt J. Neuroenhancement with vitamin B12 – Underestimated neurological significance // Nutrients. 2013. No. 5(12). PP. 5031–45. <https://dx.doi.org/10.3390/nu5125031>
17. Huijts M., van Oostenbrugge R., Rouhl R.P. et al. Effects of vitamin B12 supplementation on cognition, depression, and fatigue in patients with lacunar stroke // Int. Psychogeriatr. 2013. Vol. 25. No. 3. PP. 508–510.
18. Khodabandehloo N., Vakili M., Hashemian Z., Zare Zardini H. Determining functional vitamin B12 deficiency in the elderly // Iran Red Crescent Med J. 2015. No. 17(8). e13138. [https://dx.doi.org/10.5812/ircmj.17\(6\)2015.13138](https://dx.doi.org/10.5812/ircmj.17(6)2015.13138)
19. Piwowarek K., Lipińska E., Hać-Szymańczuk E. et al. Propionibacterium spp.-source of propionic acid, vitamin B12, and other metabolites important for the industry // Appl Microbiol Biotechnol. 2018. No. 102(2). PP. 515–538.
20. Spence J.D. Metabolic vitamin B12 deficiency: A missed opportunity to prevent dementia and stroke // Nutr Res. 2016. No. 36(2). PP. 109–16. <https://dx.doi.org/10.1016/j.nutres.2015.10.003>

Поступила в редакцию 18.02.2024

Принята к публикации 03.03.2024

## БИОХИМИЧЕСКИЕ И МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КРОВИ И УРОВЕНЬ ЕСТЕСТВЕННОЙ РЕЗИСТЕНТНОСТИ ЗАВЕЗЕННЫХ КОРОВ В АРМЕНИИ

Арам Мишаевич Мурадян<sup>1</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент  
Ольга Игнатьевна Соловьева<sup>1</sup>, доктор сельскохозяйственных наук, профессор  
Нина Герасимовна Рузанова<sup>2</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент  
Ольга Николаевна Аксенова<sup>3</sup>, кандидат ветеринарных наук

<sup>1</sup>Российский государственный аграрный университет — Московская сельскохозяйственная академия имени К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия

<sup>2</sup>Смоленская государственная сельскохозяйственная академия, г. Смоленск, Россия

<sup>3</sup>ООО «ЮжУралПлемАктив», г. Челябинск, Россия

E-mail: 9090368@mail.ru

**Аннотация.** В статье представлены результаты сравнительного изучения морфологических и биохимических особенностей крови, а также показателей естественной резистентности завезенных коров голштинской, симментальской и бурой швицкой породы, в условиях хозяйства ООО «Агрохолдинг Армения» вблизи г. Спитак (горная зона Республики Армения). Были сформированы три группы животных. В I вошли коровы голштинской породы, II — симментальской, III — бурой швицкой, по 15 голов в каждой. Условия содержания и кормления были одинаковыми. Результаты наших исследований подтвердили, что морфологические и биохимические показатели крови животных не существенно отличаются от физиологических норм, но по содержанию глобулина коровы II и III групп уступали норме, что, возможно, связано с породными особенностями в существующих условиях кормления и содержания. Гематологические данные естественной резистентности свидетельствуют о хороших приспособительных качествах и адаптивных возможностях завезенных животных.

**Ключевые слова:** голштинская порода, симментальская порода, бурая швицкая порода, естественная резистентность, фагоцитарный индекс, фагоцитарное число, горная местность, Республика Армения

## BIOCHEMICAL AND MORPHOLOGICAL BLOOD PARAMETERS AND THE LEVEL OF NATURAL RESISTANCE OF IMPORTED COWS IN ARMENIA

A.M. Muradyan<sup>1</sup>, PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor  
O.I. Solovyova<sup>1</sup>, Grand PhD in Agricultural Sciences, Professor  
N.G. Ruzanova<sup>2</sup>, PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor  
O.N. Aksenova<sup>3</sup>, PhD in Veterinary Sciences

<sup>1</sup>Russian State Agrarian University — Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, Moscow, Russia

<sup>2</sup>Smolensk State Agrarian University, Smolensk, Russia

<sup>3</sup>“YuzhUralPlemActiv” LLC, Chelyabinsk, Russia

E-mail: 9090368@mail.ru

**Abstract.** The article presents the results of a comparative study morphological and biochemical features of blood and indicators natural resistance of imported Holstein cows, Simmental and brown Swiss cows, in the conditions of the farm LLC “Agroholding Armenia” near the city of Spitak, mountainous area of the Republic Armenia. For the purpose of conducting the experiment, 3 groups of animals were formed I — Holstein, II — Simmental and III — brown Swiss, 15 heads each one. The groups were compiled using the method of analog groups. Conditions the contents and feeding were the same and in accordance with the accepted According to the technology, the cows had an average fatness. The results of our research have been confirmed, what are the fluctuations morphological and biochemical parameters of the blood of the bred farms of imported breeds have minor difference from existing physiological norms, but according to the content of cow globulin groups II and III were inferior to the norm, which may be due to pedigree features in the existing conditions of feeding and maintenance. Hematological date and indicators of natural resistance they testify to the best adaptive qualities and adaptive the possibilities of imported animals.

**Keywords:** Holstein breed, Simmental breed, brown Swiss breed, morphology, biochemistry of blood, natural resistance, phagocytic number, mountainous the area of the Republic Armenia

В Республике Армения ведущая отрасль животноводства — скотоводство (более 95% производимого молока и 60% мяса). В основном разводят животных кавказской бурой породы молочно-мясного направления, которые составляют более 90% общего поголовья крупного рогатого скота. Увеличение производства молока — приоритетная задача Государственных программ развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия в республике. [6, 7]

Основа повышения удоя коров — интенсификация молочного скотоводства, которая зависит от улучше-

ния поголовья животных, реализации их продуктивного потенциала и повышения культуры производства. [3, 8] Благодаря универсальности и положительным свойствам, голштинская, симментальская и бурая швицкая породы приобрели широкое распространение далеко за пределами европейских стран. [9] Учитывая невысокую продуктивность местной кавказской бурой породы, недостаточное поголовье племенного молодняка, необходимо закупать животных за рубежом и частично комплектовать ими фермы и хозяйства.

Начиная с 2007 года из европейских стран в республику завезли нетелей голштинской, симмен-

тальской, бурой швицкой и джерсейской пород. О положительных результатах разведения завезенных животных в Армении и России сообщают многие исследователи. Но значительное повышение молочной продуктивности животных обуславливает напряженную функцию всех органов и систем организма, что нередко приводит к снижению его сопротивляемости к неблагоприятным условиям внешней среды (климатические, кормовые и экономические), а также возникновению инфекционных заболеваний и снижению продуктивности.

Любые изменения, происходящие в организме, тесно связаны с его морфологическими показателями, из них наиболее доступный для изучения внутриклеточного обмена — кровь, которая обеспечивает питание и дыхание всех органов и тканей, снабжает их необходимыми ферментами, гормонами, медиаторами и другими веществами. У здоровых животных при нормальных физиологических условиях существует постоянство химико-морфологического состава и физико-химических свойств крови. Кроветворные органы чувствительно реагируют на различные физиологические и патологические воздействия на организм. Поэтому исследование крови имеет большое диагностическое значение.

Многие ученые обращали внимание на изменение морфологического состава крови в связи с влиянием климата и времени года. Режим круглогодичного стойлового и пастбищного поведения влияет на воспроизводительные свойства коров. [1] Условия содержания в коровниках насыщены стрессовыми факторами, связанными с недостатком прогулок и солнечного света, загрязнением воздуха, нехваткой микро- и макроэлементов. При интенсификации животноводства важен контроль за состоянием резистентности (сопротивляемость, устойчивость) организма.

Иммунная система, действующая против конкретного, распознанного чужеродного патогена (антиген) с помощью антител и специфически сенсibilизированных клеток, наиболее эффективно обеспечивает противоинфекционную защиту. Однако сопротивляемость и защита организма зависит не только от иммунного ответа, но и многих неспецифических факторов и механизмов (кожные, бактерицидность секретов, лизоцим и другие). [10]

Естественная резистентность животного обеспечивается комплексом иммунологических, биохимических и морфологических показателей. [12] Ее снижение наносит существенный ущерб экономике производства продуктов животноводства на промышленной основе. Он складывается из ухудшения здоровья, уменьшения продуктивности всех видов и возрастных групп сельскохозяйственных животных, плодовитости и ухудшения качества продукции. [2, 4, 11] Вышеуказанные причины приводят к нарушению обмена веществ, протекающему без клинических признаков. Изучение состава крови дает информацию о физиологическом состоянии организма, продуктивных и адаптационных качествах животных.

Поскольку ферменты крови, их активность, уровень обмена веществ, а также биохимическая адаптация закодированы в генах животных, то можно полагать, что состав крови у коров связан с их племенными и продуктивными качествами.

Решающий фактор повышения молочной продуктивности и естественных защитных сил организ-

ма коров — создание оптимальных условий содержания и кормления, обеспечивающих нормальное физиологическое состояние и удовлетворяющих биологические потребности в основных питательных веществах. [5]

Изучение гематологических показателей крови и факторов естественной резистентности завезенных коров в конкретных эколого-климатических и технологических условиях имеет большой научный и практический интерес.

Цель работы — выявить некоторые гематологические особенности завезенных коров *голландской*, *симментальской* и *бурой швицкой* пород, разводимых в условиях горной местности Армении, исследовать их морфологические и биохимические показатели крови и естественной резистентности.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в племенном хозяйстве ООО «Агрохолдинг Армения» Спитакского района Республики Армения (2015–2017 годы). Молочное стадо представлено чистопородными животными *голландской*, *симментальской* и *бурой швицкой* пород, завезенными из стран Европы. Сформировали три группы коров, по 15 гол. в каждой. В I вошли коровы *голландской* породы, II — *симментальской*, III — *бурой швицкой*.

Группы были составлены по методу групп-аналогов (возраст — 4...5 лет, удой — 4500...5000 кг). Содержания коров — круглогодичное стойловое беспривязно-боксовым способом, кормление и доение — двукратное.

Морфологические и биохимические показатели крови определяли по общепринятым методикам. Кровь забирали из яремной вены у клинически здоровых коров натошак.

В качестве параметра, характеризующего степень резистентности у животных, использовали фагоцитарную активность. Фагоцитарное число рассчитывали, как процент нейтрофилов, способных к поглощению частиц латекса, фагоцитарный индекс — среднее число частиц латекса, поглощенных одним активным нейтрофилом.

Функционально-метаболическую активность нейтрофилов оценивали по результатам реакции восстановления нитросинего тетразолия в НСТ-позитивных нейтрофилах. НСТ-тест — информативный метод при оценке антибактериальной резистентности при изучении иммунного статуса организма животных. Учитывали процент диформаза-позитивных клеток и средний цитохимический коэффициент (ИАН-индекс активации нейтрофилов). Активность оксидазных систем нейтрофилов оценивали в двух состояниях: базальных, стабилизированных гепарином и стимулированных после внесения в пробирку крови зимозана, что моделирует условия бактериального заражения и характеризует адаптационные резервы поглотительной и микробиоцидной способности нейтрофильных гранулоцитов. Цифровой материал обрабатывали методом вариационной статистики. [18]

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Количество гемоглобина — 90...137 г/л, самое большое у коров II группы — 106,4 г/л, превышает I на 1,7 (10,8%) и III на 8,5 г/л (11,5%), разница не достоверна —  $P < 0,99$  (табл. 1).

Количество эритроцитов в норме и колеблется в пределах 5,32...7,44 млн, но самое высокое у коров II группы. По количеству лейкоцитов на первом месте коровы I группы, но превосходство над II и III недо-стоверно,  $P < 0,99$ . По содержанию тромбоцитов коро-вы I группы превосходят сверстников II и III ( $P > 0,99$ ).

Содержание общего белка в сыворотке крови нахо-дится в пределах физиологической нормы, но с низки-ми показателями (табл. 2). По количеству альбумина в белковых фракциях лидирует III группа (31,01%), на втором месте II (28,65), третьем – I (28,56%). Количе-ство глобулина в крови животных I группы – 47,8%, II – 45,35, III – 40,91%.

Кальций, калий, натрий, фосфор и железо имеют большое значение для обеспечения жизнедеятельно-сти организма, важны для роста молодняка и полно-ценного течения лактации. Количество кальция в кро-ви у исследуемых коров ниже нормы – *голишинской*

породы на 0,46 ммоль/л, *симментальской* – 0,29, *бурой швицкой* – 0,45, количество фосфора выше нормы у *голишинской* на 0,02, ниже на 0,13 у *симментальской* и 0,41 ммоль/л у *бурой швицкой*.

Низкое содержание в крови кальция (2,5...3,11 ммоль/л) и фосфора (1,45...2,10 ммоль/л) связано с отсутствием в рационе достаточного коли-чества этих элементов, минеральных добавок, а также нехваткой времени маиона для образования витами-на D, чтобы усвоился Са.

Количество железа в крови коров *симментальской* породы превышает норму на 0,4 мкмол/л. Это обуслов-лено большим числом эритроцитов, что свидетельству-ет о высокой адаптационной способности животных.

Изменения состава крови служат показателями реакции организма при взаимодействии его с окру-жающей средой и характеризуют его резистентность (табл. 3).

Таблица 1.

Морфологические показатели крови коров разных пород в ООО «Агрохолдинг Армения»

| Группа                | Показатель       | Гемоглобин, г/л    | Эритроциты, $10^{12}/л$ | Лейкоциты, $10^9/л$ | Тромбоциты, $10^9/л$   |
|-----------------------|------------------|--------------------|-------------------------|---------------------|------------------------|
| I                     | n                | 15                 | 15                      | 15                  | 15                     |
|                       | Lim              | 94...117           | 5,32...6,53             | 6,4...10,0          | 105...631              |
|                       | $\bar{X} \pm Sx$ | $104,7 \pm 2,19$   | $5,88 \pm 0,12$         | $7,78 \pm 0,29^*$   | $477,6 \pm 40,02^{**}$ |
| II                    | n                | 15                 | 15                      | 15                  | 15                     |
|                       | Lim              | 93...137           | 6,1...7,44              | 6,4...9,8           | 221...682              |
|                       | $\bar{X} \pm Sx$ | $106,4 \pm 3,52^*$ | $6,78 \pm 0,12^*$       | $7,50 \pm 0,26$     | $376,9 \pm 33,4$       |
| III                   | n                | 15                 | 15                      | 15                  | 15                     |
|                       | Lim              | 90...114           | 5,33...6,53             | 4,6...7,8           | 158...600              |
|                       | $\bar{X} \pm Sx$ | $94,87 \pm 6,28$   | $5,97 \pm 0,09$         | $6,27 \pm 0,25$     | $422,6 \pm 34,71$      |
| Физиологическая норма |                  | 99...129           | 5,0...7,5               | 4,5...12,0          | 100...800              |

Примечание. \* $P < 0,99$ , \*\* $P > 0,99$ .

Таблица 2.

Биохимические показатели сыворотки крови коров разных пород в ООО «Агрохолдинг Армения»

| Группа                | Показатель       | Общий белок, г/л | Альбумин, %      | Глобулин, %      | pH              | K, ммоль/л      | Na, ммоль/л      | P, ммоль/л      | Ca, ммоль/л     | Fe, мкмоль/л   |
|-----------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|-----------------|----------------|
| I                     | n                | 15               | 15               | 15               | 15              | 15              | 15               | 15              | 15              | 15             |
|                       | Lim              | 69,8...81,4      | 22,1...32,4      | 40,4...52,1      | 7,34...7,52     | 4,6...6,68      | 134,4...141,8    | 2,12...2,30     | 2,01...2,3      | 21...24,2      |
|                       | $\bar{X} \pm Sx$ | $76,09 \pm 0,91$ | $28,56 \pm 0,72$ | $47,8 \pm 1,1$   | $7,39 \pm 0,01$ | $4,87 \pm 0,13$ | $138 \pm 0,53$   | $2,21 \pm 0,9$  | $2,15 \pm 0,02$ | $22,6 \pm 1,6$ |
| II                    | n                | 15               | 15               | 15               | 15              | 15              | 15               | 15              | 15              | 15             |
|                       | Lim              | 66,2...81,0      | 23,9...31,8      | 36,5...51,3      | 7,34...7,5      | 4,51...5,03     | 137,4...141,1    | 1,98...2,14     | 2,18...2,44     | 22,6...26,2    |
|                       | $\bar{X} \pm Sx$ | $74,0 \pm 0,96$  | $28,65 \pm 0,76$ | $45,35 \pm 1,35$ | $7,4 \pm 0,01$  | $4,8 \pm 0,04$  | $139,4 \pm 0,32$ | $2,06 \pm 0,8$  | $2,32 \pm 0,02$ | $24,4 \pm 1,8$ |
| III                   | n                | 15               | 15               | 15               | 15              | 15              | 15               | 15              | 15              | 15             |
|                       | Lim              | 70,4...73,3      | 29,4...33,3      | 40...42,5        | 7,18...7,47     | 4,6...4,81      | 133,1...141,4    | 1,71...1,85     | 2,07...2,24     | 19,5...22,9    |
|                       | $\bar{X} \pm Sx$ | $72,05 \pm 0,20$ | $31,01 \pm 0,30$ | $40,91 \pm 0,23$ | $7,38 \pm 0,02$ | $4,71 \pm 0,02$ | $138 \pm 0,66$   | $1,78 \pm 0,07$ | $2,16 \pm 0,15$ | $21,2 \pm 1,7$ |
| Норма                 |                  | 72...86          | 30...50          | 47...76          |                 | 3,84...5,88     | 141,3...145,7    | 1,45...1,94     | 2,5...3,13      |                |
| Физиологическая норма |                  | 60...89          | 30...50          | 30...50          | 7,37...7,45     | 4,1...5,1       | 139,2...147,9    | 1,8...3,0       | 2,3...2,9       | 16,1...19,7    |

Таблица 3.

Показатели естественной резистентности коров разных пород,  $\bar{X} \pm Sx$

| Показатель                                       | Группа           |                  |                   |
|--------------------------------------------------|------------------|------------------|-------------------|
|                                                  | I                | II               | III               |
| Фагоцитарное число, %                            | $41,60 \pm 5,28$ | $43,40 \pm 2,09$ | $54,80 \pm 4,85$  |
| Фагоцитарный индекс                              | $7,54 \pm 0,48$  | $8,04 \pm 0,80$  | $8,32 \pm 0,15^*$ |
| НСТ (нитросиний тетразолий) – базальный, %       | $6,58 \pm 1,43$  | $7,94 \pm 2,28$  | $5,78 \pm 1,10$   |
| Индекс активации нейтрофилов, у.е.               | $0,08 \pm 0,03$  | $0,12 \pm 0,04$  | $0,14 \pm 0,03$   |
| НСТ (нитросиний тетразолий) – стимулированный, % | $27,80 \pm 4,11$ | $28,58 \pm 4,48$ | $30,18 \pm 4,40$  |
| Индекс активации нейтрофилов, у.е.               | $0,43 \pm 0,08$  | $0,47 \pm 0,09$  | $0,46 \pm 0,08$   |

Примечание. \* $P < 0,05$ .

Анализ полученных данных подтверждает, что показатели клеточной защиты у коров всех пород находятся в пределах физиологической нормы, но есть различия. У коров III группы выявлено достоверное повышение фагоцитарного индекса на 11,6, по сравнению с животными II группы и 11,2 – I ( $P < 0,05$ ).

Содержание НСТ-позитивных нейтрофилов крови в базальных условиях у коров II группы больше на 17,1 и 27,2%, чем I и III, после внесения в пробы крови зимозина у коров I и II группы снизился показатель НСТ–стимулированный и составил 7,2 и 7,8% соответственно, индекс активации нейтрофилов был выше, чем в базальных условиях, что говорит о наличии адаптационного резерва защитного механизма.

**Выводы.** Опыт подтвердил, что морфологические и биохимические показатели крови у завезенных коров в ООО «Агрохолдинг Армения» голштинской, симментальской и бурой швицкой пород находятся в пределах нормы, значения естественной резистентности свидетельствуют о хороших приспособительных качествах и адаптивных возможностях животных.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Карамеев С.В., Карамеева А.С., Карамеев В.С. Влияние типа рациона на адаптационные способности импортных коров голштинской породы // Доклады Таджикской академии сельскохозяйственных наук. 2021. № 3 (69). С. 72–77.
2. Козловский В.Ю. Адаптационный потенциал коров голштинской и черно-пестрой пород в условиях северо-запада России: автореф. дис. ... д-ра биол. н-к: 06.02.07. п. Лесные Поляны Московской области. 2010.
3. Леутина Д.В., Цысь В.И. Реализация генетического потенциала молочной продуктивности у коров бурой швицкой породы. Современное состояние животноводства: проблемы и пути их решения: тезисы участников междунаро. Науч.-практ. конф. 21–23 марта 2018. Саратов. Федер. Гос. Бюджет. Научн. учреждение «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Юго-Востока». Саратов. 2018. С. 57–58.
4. Лях Ю.Г. Значение биохимических исследований крови крупного рогатого скота при беспривязном способе содержания молочного стада в хозяйствах Беларуси // Животноводство и ветеринарная медицина. 2015. № 3. С. 35–41.
5. Мударисов Р.М., Ахметзянова Г.Р. Сравнительная характеристика молочной продуктивности голштинских коров финской и немецкой селекции в Республике Башкортостан // Вестник Башкирского ГАУ. 2013. № 4 (28). С. 57–59.
6. Мурадян А.М., Соловьева О.И., Минасян Л.М. и др. Динамика изменения молочной продуктивности коров бурой швицкой породы местного разведения в условиях Армении // Аграрная Наука. 2022. № 12. С. 41–45. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-365-12-41-44>
7. Навасардян Д.С. Сравнительное изучение молочной продуктивности завезенных в республику коров швицкой, голштинской и симментальской пород в Лорийском марзе РА // Агронаука. 2014. № 11–12. С. 598–601.
8. Новиков В.М. и др. Бурая швицкая порода крупного рогатого скота. Смоленск, 2017. 156 с.
9. Русанова С.А., Гонтов М.Е., Кольцов Д.Н. Изменение генетической структуры бурой швицкой породы в процессе селекции. Аграрный научный журнал. 2020. № 12. С. 68–71.

10. Соловьева О.И., Амерханов Х.А., Кертиев Р.М. Повышение эффективности разведения молочного скота: монография / Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, 2021. 199 с.
11. Шахов А.Г., Масьянов Ю.Н., Рецкий М.И. и др. Методические рекомендации по оценке и коррекции неспецифической резистентности животных. Воронеж, 2005. 115 с.
12. Шевцов С.Р. Факторы естественной резистентности и биохимические показатели крови крупного рогатого скота разных генотипов [Текст]: дис. ... канд. с.-х. наук. Троицк, 1999. 168 с.

#### REFERENCES

1. Karamaev S.V., Karamaeva A.S., Karamaev V.S. Vliyanie tipa raciona na adaptacionnye sposobnosti importnyh korov golshhtinskoj porody // Doklady Tadzhijskoj akademii sel'skohozyajstvennyh nauk. 2021. № 3 (69). S. 72–77.
2. Kozlovskij V.Yu. Adaptacionnyj potencial korov golshhtinskoj i cherno-pestroj porod v usloviyah severo-zapada Rossii: avtoref. dis. ... d-ra biol. n-k: 06.02.07. p. Lesnye Polyany Moskovskoj oblasti. 2010.
3. Leutina D.V., Cys' V.I. Realizaciya geneticheskogo potenciala molochnoj produktivnosti u korov buroj shvickoj porody. Sovremennoe sostoyanie zhivotnovodstva: problemy i puti ih resheniya: tezisy uchastnikov mezhdunarod. Nauch.-prakt. konf. 21–23 marta 2018. Saratov. Feder. Gos. Byudzhet. Nauchn. uchrezhdenie "Nauchno-issledovatel'skij institut sel'skogo hozyajstva Yugo-Vostoka". Saratov. 2018. S. 57–58.
4. Lyah Yu.G. Znachenie biokhimicheskikh issledovanij krovi крупного rogatogo skota pri besprivyaznom sposobе soderzhaniya molochnogo stada v hozyajstvax Belarusi // Zhivotnovodstvo i veterinarnaya medicina. 2015. № 3. S. 35–41.
5. Mudarisov R.M., Ahmetzyanova G.R. Sravnitel'naya harakteristika molochnoj produktivnosti golshhtinskih korov finskoj i nemeckoj selekcii v respublikе Bashkorkostan // Vestnik Bashkirkского GAU. 2013. № 4 (28). S. 57–59.
6. Muradyan A.M., Solov'eva O.I., Minasyan L.M. i dr. Dinamika izmeneniya molochnoj produktivnosti korov buroj shvickoj porody mestnogo razvedeniya v usloviyah Armenii // Agrarnaya Nauka. 2022. № 12, S. 41–45. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-365-12-41-44>
7. Navasardyan D.S. Sravnitel'noe izuchenie molochnoj produktivnosti zavezennyh v respubliku korov shvickoj, golshhtinskoj i simmental'skoj porod v Lorijskom marze RA // Agronauka. 2014. № 11–12. S. 598–601.
8. Novikov V.M. i dr.; Buraya shvickaya poroda крупного rogatogo skota. Smolensk, 2017. 156 s.
9. Rusanova S.A., Gontov M.E., Kol'cov D.N. Izmenenie geneologicheskoy struktury buroj shvickoj porody v processe selekcii. Agrarnyj nauchnyj zhurnal. 2020. № 12. S. 68–71.
10. Solov'eva O.I., Amerhanov H.A., Kertiev R.M. Povyshenie effektivnosti razvedeniya molochnogo skota: monografiya / Rossijskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet – MSKHA imeni K.A. Timiryazeva, 2021. 199 s.
11. Shahov A.G., Mas'yanov Yu.N., Reckij M.I. i dr. Metodicheskie rekomendacii po ocenke i korrekcii nespecificheskoy rezistentnosti zhivotnyh. Voronezh, 2005. 115 s.
12. Shevcov S.R. Faktory estestvennoj rezistentnosti i biokhimicheskie pokazateli krovi крупного rogatogo skota raznyh genotipov [Tekst]: dis. ... kand. s.-h. nauk. Troick, 1999. 168 s.

Поступила в редакцию 22.03.2024

Принята к публикации 05.04.2024

## ТОКСИКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРЕПАРАТА ГИПЕРИКО

Олег Дмитриевич Скларов<sup>1</sup>, доктор ветеринарных наук  
Эмиль Касымович Рахматуллин<sup>2</sup>, доктор ветеринарных наук  
Олеся Викторовна Бабичева<sup>1</sup>, ведущий научный сотрудник  
Николай Александрович Литвинов<sup>1</sup>, ведущий специалист

<sup>1</sup>Всероссийский государственный Центр качества и стандартизации лекарственных средств для животных и кормов, г. Москва, Россия

<sup>2</sup>ФГБНУ «Федеральный центр токсикологической, радиационной и биологической безопасности», г. Казань, Россия  
E-mail: scliarov@yandex.ru

**Аннотация.** В статье представлены результаты исследования токсичности препарата Гиперико. Установлено, что он малотоксичен и безопасен для животных при ежедневном применении, не провоцирует развитие патологических реакций. По классификации Hodge и Sterner (1943) Гиперико можно отнести к 6 классу токсичности — относительно безвреден. Значение ЛД<sub>50</sub> препарата после внутрижелудочного введения белым крысам  $\geq 36400$ , мышам —  $\geq 45400$  мг/кг, раздражения слизистых оболочек пищеварительного тракта не наблюдали. По ГОСТ 12.1.007.76 Гиперико относится к 4 классу опасности (малоопасные вещества). По результатам исследования можно сделать обоснованное заключение о том, что изучаемый препарат не оказывает токсического действия на телят, противопоказаний для проведения клинических исследований нет.

**Ключевые слова:** диспепсия, токсичность, Гиперико, ЛД<sub>50</sub>, тиопентал, эритроциты, гемоглобин, лейкоциты, скорость оседания эритроцитов (СОЭ)

## TOXICOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE DRUG HYPERICO

O.D. Sklyarov<sup>1</sup>, Grand PhD in Veterinary Sciences  
E.K. Rakhmatullin<sup>2</sup>, Grand PhD in Veterinary Sciences  
O.V. Babicheva<sup>1</sup>, Leading Researcher  
N.A. Litvinov<sup>1</sup>, Leading Specialist

<sup>1</sup>Federal State Institution "The Russian State Center for Quality and Standardization of Animal Drugs and Feed", Moscow, Russia

<sup>2</sup>Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Center for Toxicological, Radiation and Biological Safety", Kazan, Russia  
E-mail: scliarov@yandex.ru

**Abstract.** The article presents the results of a study of the toxicity of the drug Hyperico. It has been established that the drug is low-toxic and safe for animals with daily use. It does not provoke the development of pathological reactions. According to the classification of Hodge and Sterner (1943), Hyperico can be classified as toxicity class 6 — relatively harmless. The LD<sub>50</sub> value of the drug after intragastric administration to white rats was  $\geq 36400$  mg/kg, to mice —  $\geq 45400$  mg/kg, irritation of the mucous membranes of the digestive tract was not observed. According to GOST 12.1.007.76, Hyperico belongs to the 4<sup>th</sup> hazard rating, that is low-hazard substances. Based on the results of the study, a reasonable conclusion can be made that Hyperico does not have a toxic effect on calves. There are no contraindications for conducting clinical trials of the drug Hyperico.

**Keywords:** dyspepsia, toxicity, Hyperico, LD<sub>50</sub>, thiopental, red blood cells, hemoglobin, leukocytes, erythrocyte sedimentation rate (ESR)

В животноводческих хозяйствах Российской Федерации примерно у 70...80% телят в первые дни жизни развивается диспепсия (летальность может достигать 75%). Ущерб определяется стоимостью павших животных, лечения заболевших, а также тем, что при одном и том же рационе переболевший молодняк дает значительно меньший прирост. Диспепсия новорожденных телят — одно из наиболее сложных полиэтиологических заболеваний и требует глубокого анализа с установлением причин возникновения, способов устранения и реализации эффективных мер профилактики. [2, 5, 6, 9]

Широко применяют антибиотикотерапию и избирательное подавление возбудителя. Терапия желудочно-кишечных заболеваний телят с бесконтрольным использованием различных антибиотиков, сульфаниламидов и нитрофуранов вызывает дисбактериоз и подавляет жизнедеятельность полезной микрофлоры, замедляет процесс выздоровления животных.

Цель работы — доказать безопасность фитопрепарата Гиперико на основе зверобоя для телят.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Приготовление Гиперико (фитопрепарат на основе Зверобоя продырявленного): 300 г травы зверобоя помещали в марлю, заливали 6...7 л кипятка и остужали до 70°C; добавляли 250 г глюкозы, 50 г натрия хлорида, 10 г лактата кальция, 5 г аскорбиновой кислоты и 220 г натрий карбоксиметилцеллюлозы (бланоза). После растворения этих компонентов объем раствора доводили до 10 л добавлением воды (70°C); оставляли на 12...15 ч при комнатной температуре, периодически перемешивая. Перед применением препарат подогревали до 37...38°C и встряхивали до образования однородной массы. [7] Использовали в дозе 6,5 мл/кг с добавлением 0,5...0,7 л теплой воды в течение шести суток после приготовления.

Изучали действие Гиперико в соответствии с рекомендациями по проведению доклинических исследований лекарственных средств. [6]

Белым крысам-самцам массой 210...245 г внутрижелудочно с помощью атравматичного металлического

зонда вводили Гиперико (18200 и 24400 мг/кг), мышам-самцам (21,0...24,5 г) – 22700 и 45400 мг/кг. Для каждой дозы брали шесть крыс и пять мышей. Шести крысам контрольной группы вводили дистиллированную воду. ЛД<sub>50</sub> рассчитывали методом пробит-анализа, предложенным Личфилдом-Уилкоксоном в модификации З. Рота.

За общим состоянием животных, проявлением или отсутствием симптомов интоксикации следили в течение 14 дн., отмечали особенности поведения, приема пищи и воды, оценивали состояние шерсти, выполнение физиологических функций. Затем подопытных крыс подвергали эвтаназии и патологоанатомическому исследованию.

Для изучения влияния Гиперико на монооксигеназную ферментативную систему печени использовали тиопенталовый тест. [10] Он предполагает усыпление животных тиопенталом на время, эквивалентное функциональной активности монооксигеназной ферментной системы печени. Для этого сформировали из 48 крыс-самок двухмесячного возраста восемь групп. Крыс погружали в тиопенталовый сон через 1, 3, 5 и 24 ч после однократного применения препарата. Тиопентал вводили внутривенно (40 мг/кг). Продолжительность «тиопенталового сна» фиксировали в минутах. Начало – момент принятия животными «бокового положения», окончание – первые попытки изменить его.

Изучение действия Гиперико на гематологические показатели проводили на телятах *черно-пестрой* породы. Были скомплектованы две группы по шесть голов здоровых телят пяти-семидневного возраста со средней массой 33,45...35,12 кг. Перед применением препарат тщательно перемешивали с водой и давали животным в дозе 6,5 мл/кг в течение шести дней. Телятам контрольной группы давали воду. Для изучения влияния Гиперико на гематологические параметры телят определяли количество эритроцитов, лейкоцитов, гемоглобина и скорость оседания эритроцитов (СОЭ). Кровь для исследования брали до применения препарата и на 1-е, 5-е, 15-е и 30-е сут. после.

Содержание и уход за экспериментальными животными проводили согласно ГОСТ 33216-2014. [4]

Полученные экспериментальные данные обрабатывали методом вариационной статистики в программе STATISTICA. Значимость различий устанавливали по величине критерия Стьюдента.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Острые расстройства пищеварения у молодняка в раннем постнатальном периоде развития свидетельствуют о наличии в племенном стаде заболеваний, связанных с нарушением обмена веществ, который у растущих животных характеризуется значительной интенсивностью, поэтому они очень чувствительны к нарушениям условий содержания и кормления. При внутрижелудочном введении крысам доз 18200 и 36400 мг/кг, мышам – 22700 и 45400 мг/кг летальных последствий не регистрировали (табл. 1).

Существенных нарушений в общем состоянии и поведении животных также не было. В первые сутки у грызунов появились небольшая жажда и снижение аппетита, что, по-видимому, связано не с токсическим действием препарата, а со стрессом во время процедуры перорального введения больших объемов. Во все дни

наблюдения подопытные животные по общему состоянию и поведению не отличались от контрольных. Через две недели после действия Гиперико особи, пережившие интоксикацию, не отличались от контрольных.

Значения ЛД<sub>50</sub> препарата при внутрижелудочном введении белым беспородным крысам и белым мышам определить невозможно, они заведомо  $\geq 36400$  и  $\geq 45400$  мг/кг соответственно.

Раздражение слизистых оболочек пищеварительного тракта при внутрижелудочном введении препарата не наблюдалось.

Таким образом, результаты токсикометрии, данные наблюдения за экспериментальными животными в период после введения, а также данные патоморфологических исследований позволяют отнести Гиперико по классификации токсичности Hodge и Sterner к 6 классу (относительно безвредные лекарственные средства). [11]

По ГОСТ 12.1.007.76 препарат принадлежит к малотоксичным (4 класс опасности). [2, 3] Состояние животных свидетельствует о хорошей переносимости препарата и его безвредности.

Печень играет важную роль во многих видах обмена веществ (белковый, углеводный, липидный, пигментный), процессах свертывания крови, осуществляет обезвреживающую и выделительную функции. Метаболизируя токсичные химические соединения, клетки печени становятся мишенью их действия.

При расстройстве пищеварения в значительной степени поражается печень. Через нее проходят все вещества, которые всасываются из кишечника в кровь.

Из данных таблицы 2 видно, что введение Гиперико в дозах 6500 и 13000 мг/кг не приводило к угнетению антитоксической функции печени. Инъекция тиопентала через 1, 3, 5 и 24 ч не влияла на продолжительность сна подопытных крыс в отличие от контрольных ( $P > 0,05$ ).

**Таблица 1.**  
**Токсичность препарата Гиперико при внутрижелудочном введении лабораторным грызунам**

| Животное | Значение                        | Результат |       |
|----------|---------------------------------|-----------|-------|
| Крыса    | Доза, мг/кг                     | 18200     | 36400 |
|          | Объем вводимого раствора, мл/кг | 18,2      | 36,4  |
|          | Эффект, пало/всего              | 0/6       | 0/6   |
| Мышь     | Доза, мг/кг                     | 22700     | 45400 |
|          | Объем вводимого раствора, мл/кг | 22,7      | 45,4  |
|          | Эффект, пало/всего              | 0/6       | 0/6   |

**Таблица 2.**  
**Продолжительность тиопенталового сна крыс после введения Гиперико**

| Гиперико, мг/кг | Группа (время инъекции тиопентала, ч) |                   |                    |                     |
|-----------------|---------------------------------------|-------------------|--------------------|---------------------|
|                 | I (1)                                 | III (3)           | III (5)            | IV (24)             |
|                 | Продолжительность сна, мин.           |                   |                    |                     |
| 6500            | 27,0 ± 7,58<br>V                      | 27,8 ± 6,09<br>VI | 26,5 ± 4,77<br>VII | 28,6 ± 7,29<br>VIII |
| 13000           | 28,1 ± 6,71                           | 29,1 ± 5,12       | 28,6 ± 4,82        | 27,4 ± 6,32         |
| Контроль        | 26,4 ± 5,47                           | 26,4 ± 5,47       | 26,4 ± 5,47        | 26,4 ± 5,47         |

Примечание.  $P > 0,05$ .



Таблица 3.

Гематологические показатели телят до и после введения Гиперико

| Показатель                     | До введения     | После введения, сут. |                 |                 |                 |
|--------------------------------|-----------------|----------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                                |                 | 1-е                  | 5-е             | 15-е            | 30-е            |
| Эритроциты, $\times 10^{12}/л$ | 5,44 $\pm$ 0,23 | 5,53 $\pm$ 0,49      | 5,17 $\pm$ 0,26 | 5,22 $\pm$ 0,19 | 5,02 $\pm$ 0,63 |
|                                | 5,15 $\pm$ 1,16 | 5,05 $\pm$ 0,28      | 5,05 $\pm$ 0,28 | 5,15 $\pm$ 1,16 | 5,15 $\pm$ 1,16 |
| Гемоглобин, г/л                | 98,9 $\pm$ 5,32 | 102,4 $\pm$ 10,53    | 92,6 $\pm$ 6,12 | 93,7 $\pm$ 4,34 | 90,8 $\pm$ 6,41 |
|                                | 88,6 $\pm$ 3,02 | 89,3 $\pm$ 7,36      | 89,3 $\pm$ 7,36 | 90,6 $\pm$ 3,02 | 90,6 $\pm$ 3,02 |
| Лейкоциты, $\times 10^9/л$     | 7,97 $\pm$ 1,12 | 7,47 $\pm$ 1,14      | 8,15 $\pm$ 0,91 | 8,18 $\pm$ 0,66 | 9,10 $\pm$ 0,83 |
|                                | 7,85 $\pm$ 1,34 | 7,65 $\pm$ 1,34      | 7,65 $\pm$ 1,34 | 7,85 $\pm$ 1,34 | 7,85 $\pm$ 1,34 |
| СОЭ, Мм/ч                      | 1,42 $\pm$ 0,25 | 1,55 $\pm$ 0,23      | 1,37 $\pm$ 0,61 | 1,27 $\pm$ 0,14 | 1,51 $\pm$ 0,2  |
|                                | 1,25 $\pm$ 0,22 | 1,33 $\pm$ 0,44      | 1,33 $\pm$ 0,34 | 1,25 $\pm$ 0,22 | 1,25 $\pm$ 0,22 |

Примечание. Числитель — показатели опытных животных, знаменатель — контрольных.

Таким образом, можно сделать заключение о том, что Гиперико не угнетает антитоксическую функцию печени.

При ежедневном пероральном введении телятам дозы Гиперико (6,5 мл/кг) общее состояние и поведение животных не изменялось.

После внутрижелудочного введения телятам Гиперико (6,5 мл/кг) происходят несущественные колебания гематологических показателей (табл. 3).

По результатам исследования можно сделать заключение о том, что Гиперико безопасный препарат и не оказывает токсического действия на телят.

# СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Березовская И.В. Классификация химических веществ по параметрам острой токсичности при парентеральных способах введения // Химико-фармацевтический журнал. 2003. Т. 37. № 3. С. 32–34.
- Вахрушева Т.И. Анализ заболеваемости молодняка крупного скота внутренними незаразными патологиями в АО ПЗ «Краснотуранский» Красноярского края // В сб. Всерос. науч. конф. г. Новосибирск: ИЦ ИНГАУ «Золотой Колос», 2019. С. 194–197.
- ГОСТ 12.1.007-76. Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности. Дата введения 01.01.1977.
- ГОСТ 33216-2014 «Руководство по содержанию и уходу за лабораторными животными»
- Кондрахин И.П., Таланов Г.А., Пак В.В. Внутренние незаразные болезни животных. М.: КолосС, 2003. 461 с.
- Павлов Д.К. Заболевания желудочно-кишечного тракта у новорожденных телят // Ветеринарная жизнь. 2006. № 11. С. 12–14.
- Рахматуллин Э.К., Скляров О.Д. Препарат для лечения и профилактики острых желудочно-кишечных болезней новорожденных телят. Патент на изобретение 2740602 С1, 15.01.2021. Заявка № 2020107209 от 17.02.2020.
- Руководство по проведению доклинических исследований лекарственных средств. Часть первая. Под общей редакцией доктора медицинских наук А.Н. Миронова. М.: Гриф и К, 2012. 944 с.
- Смоленцев С.Ю. Методы лечения расстройства пищеварения телят (обзор) // Вестник Марийского государственного университета. Серия «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки». 2022. Т. 8. № 3. С. 280–287. <https://doi.org/10.30914/2411-9687-2022-8-3-280-287>
- Хабриев Р.У. Руководство по экспериментальному и доклиническому изучению новых фармакологических ве-

ществ. 2-е изд., перераб. и доп. М.: ОАО «Издательство «Медицина», 2005. 832 с.

- Hodge H.C., Gosselin R.E., Smith R.P., Gleason M.N. Clinical Toxicology of Commercial Products // Acute Poisoning. 4th ed., Williams & Wilkins, Baltimore. 1975. 427 p.

# REFERENCES

- Berezovskaya I.V. Klassifikaciya himicheskikh veshchestv po parametram ostroj toksichnosti pri parenteral'nyh sposobah vvedeniya // Himiko-farmaceuticheskij zhurnal. 2003. T. 37. № 3. S. 32–34.
- Vahrusheva T.I. Analiz zaboлеваemosti molodnyaka krupnogo skota vnutrennimi nezaraznymi patologiyami v AO PZ «Krasnoturanskiy» Krasnoyarskogo kraya // V sb. Vseros. nauch. konf. g. Novosibirsk: IC INGAU «Zolotoj Kolos», 2019. S. 194–197.
- GOST 12.1.007-76. Mezhhgosudarstvennyj standart. Sistema standartov bezopasnosti truda. Vrednye veshchestva. Klassifikaciya i obshchie trebovaniya bezopasnosti. Data vvedeniya 01.01.1977.
- GOST 33216-2014 «Rukovodstvo po soderzhaniyu i uhodu za laboratornymi zhivotnymi»
- Kondrahin I.P., Talanov G.A., Pak V.V. Vnutrennie nezaraznye bolezni zhivotnyh. M.: KolosS, 2003. 461 s.
- Pavlov D.K. Zabolevaniya zheludочно-kishechnogo trakta u novorozhdennyh telyat // Veterinarnaya zhizn'. 2006. № 11. S. 12–14.
- Rahmatullin E.K., Sklyarov O.D. Preparat dlya lecheniya i profilaktiki ostryh zheludочно-kishechnykh boleznej novorozhdennyh telyat. Patent na izobretenie 2740602 C1, 15.01.2021. Zayavka № 2020107209 ot 17.02.2020.
- Rukovodstvo po provedeniyu doklinicheskikh issledovaniy lekarstvennyh sredstv. Chast' pervaya. Pod obshchej redakciej doktora medicinskih nauk A.N. Mironova. M.: Grif i K, 2012. 944 s.
- Smolencev S.Yu. Metody lecheniya rasstroystva pishchevareniya telyat (obzor) // Vestnik Marijskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya «Sel'skohozyajstvennyye nauki. Ekonomicheskie nauki». 2022. T. 8. № 3. S. 280–287. <https://doi.org/10.30914/2411-9687-2022-8-3-280-287>
- Habrieu R.U. Rukovodstvo po eksperimental'nomu i doklinicheskomu izucheniyu novykh farmakologicheskikh veshchestv. 2-e izd., pererab. i dop. M.: OAO «Izdatel'stvo «Medicina», 2005. 832 s.
- Hodge H.C., Gosselin R.E., Smith R.P., Gleason M.N. Clinical Toxicology of Commercial Products // Acute Poisoning. 4th ed., Williams & Wilkins, Baltimore. 1975. 427 p.

Поступила в редакцию 26.04.2024  
Принята к публикации 10.05.2024

## ЭКТОПАРАЗИТЫ СОБАК И КОШЕК\*

Владимир Николаевич Домацкий, доктор биологических наук, профессор

Елена Ивановна Сивкова, кандидат биологических наук

Всероссийский научно-исследовательский институт ветеринарной энтомологии и арахнологии-филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки федерального исследовательского центра Тюменского научного центра Сибирского отделения Российской академии наук, г. Тюмень, Россия

E-mail: sivkovaei@mail.ru

**Аннотация.** Эктопаразиты собак и кошек — переносчики возбудителей инфекционных и инвазионных заболеваний. Проведен анализ их видового состава и распространения, изучена эпизоотическая ситуация на территории Российской Федерации. В зависимости от региона видовой состав и численность эктопаразитов значительно меняется. В г. Москве чаще регистрировали афаниптероз (46–62%), отодектоз кошек (34–38) и демодекоз собак (39%). При обследовании собак в г. Тюмени с заболеваниями кожно-волосного покрова болезни кожи паразитарной этиологии обнаружили у 33,86% всех обследованных животных. Чаще выявляли афаниптероз — 28,55%, отодектоз — 21,9, блошиный аллергический дерматит — 14,65, хейлетиоз — 13,2, демодекоз — 12,6, саркоптоз — 9,1%. В г. Новосибирске установлено шесть видов паразитов: *Ctenocephalides canis*, *Otodectes cynotis*, *Demodex canis*, *Notoedres cati*, *Sarcoptes canis* и *Cheyletiella jascuiri*. Среди кошек и собак чаще встречались: афаниптероз (4,8%), отодектоз (1,9), демодекоз (0,23), нотоэдроз (0,14), саркоптоз (0,09) и хейлетиеллез (0,3%). В Нижегородской области у собак и кошек диагностирована инвазия двумя видами блох (*Ctenocephalides felis*, *C. canis*), одним власоедом (*Trichodectes canis*). На теле животных были обнаружены вошь собачья (*Linognathus setosus*) и иксодовые клещи (*Dermacentor reticulatus*, *D. marginatus* и *I. ricinus*). Таким образом, у собак чаще регистрируется афаниптероз (4,78–62,0%) и демодекоз (2,52–39,0), реже трихонектоз (0,64–4,2), иксодовые клещи (9,75–18,0), саркоптоз (1,0–9,1), отодектоз (0,17–1,94), кошек — отодектоз (34–63), нотоэдроз (0,31–8,9) и хейлетиеллез (0,27%).

**Ключевые слова:** собаки, кошки, эктопаразиты, видовой состав, распространение, экстенсивность инвазии

## ECTOZOANS OF DOGS AND CATS

V.N. Domatsky, Grand PhD in Biological Sciences, Professor

E.I. Sivkova, PhD in Biological Sciences

All-Russian Scientific Research Institute of Veterinary Entomology and Arachnology — Branch of Federal State Institution Federal Research Centre Tyumen Scientific Centre of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Tyumen, Russia

E-mail: sivkovaei@mail.ru

**Abstract.** The purpose of the study is to analyze the species composition and distribution of ectoparasites of dogs and cats on the territory of the Russian Federation. Research objectives: to study the epizootic situation regarding ectoparasites of dogs and cats on the territory of the Russian Federation. Ectoparasites of dogs and cats are widespread in the Russian Federation and pose the greatest danger as carriers of pathogens of infectious and invasive diseases. Depending on the region, the species composition and abundance of ectoparasites varies significantly. Thus, in Moscow, aphanipterosis (46–62%), otodectosis in cats (34–38%) and demodicosis in dogs (39%) were more often recorded. When examining dogs in Tyumen with diseases of the skin and hair, skin diseases of parasitic etiology were recorded in 33.86% of all examined animals. Aphanipterosis was detected more often — 28.55%, otodectosis — 21.9%, flea allergic dermatitis — 14.65%, cheyletiellosis — 13.2%, demodicosis — 12.6%, sarcoptic mange — 9.1%. A study of dogs and cats in Novosibirsk identified 6 types of parasites: *Ctenocephalides canis*, *Otodectes cynotis*, *Demodex canis*, *Notoedres cati*, *Sarcoptes canis* and *Cheyletiella jascuiri*. Among cats and dogs the most common were: aphanipterosis 4.8%, otodectosis 1.9%, demodicosis 0.23%, notoedrosis 0.14%, sarcoptic mange 0.09% and cheyletiellosis 0.3%. In the Nizhny Novgorod region, dogs and cats were diagnosed with infestation of two types of fleas (*Ctenocephalides felis*, *C. canis*), one type of lice-eater (*Trichodectes canis*), in addition, the following were found on the animals' bodies: dog louse (*Linognathus setosus*), ixodid ticks *Dermacentor reticulatus*, *D. marginatus* and *I. ricinus*. Thus, aphanipterosis (4.78–62.0%) and demodicosis (2.52–39.0%) are more often recorded in dogs; trichodectosis (0.64–4.2%) and ixodid ticks (9.75%) are less common. — 18.0%, sarcoptic mange (1.0–9.1%), otodectosis (0.17–1.94%), and in cats — otodectosis (34–63%), notoedrosis (0.31–8.9%) and cheyletiellosis (0.27%).

**Keywords:** dogs, cats, ectoparasites, species composition, distribution, extensiveness of invasion

Распределение сообществ паразитов находится в зависимости от экологических характеристик структуры и функциональных особенностей зон мегапо-

лиса. Вместе с собакой в городскую среду проникают ее паразиты — клещи, блохи, вши и кровососущие двукрылые. Роль собаки в распространении зоонозов

\* Работа выполнена Всероссийским научно-исследовательским институтом ветеринарной энтомологии и арахнологии ТюмНЦ СО РАН в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации «Изучение и анализ эпизоотического состояния по болезням инвазионной этиологии сельскохозяйственных и непродуктивных животных, пчел и птиц, изменения видовой состава и биоэкологических закономерностей цикла развития паразитов в условиях смещения границ их ареалов (FWRZ-2021-0018)» / The work was performed by the All-Russian Scientific Research Institute of Veterinary Entomology and Arachnology of the Tyumen Scientific Research Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences within the framework of the state assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation “Study and analysis of the epizootic state of diseases of invasive etiology of agricultural and unproductive animals, bees and birds, changes in species composition and bioecological patterns of the parasite development cycle in conditions of displacement of the boundaries of their ranges (FWRZ-2021-0018)”.

давно привлекает внимание биологов и паразитологов медико-санитарного и ветеринарного профилей. Популяции собак оказались зараженными обширной группой эндо- и эктопаразитов, большая часть которых может паразитировать в личиночной или взрослой стадии в организме человека и домашних (продуктивные) животных. [14]

Многие эктопаразиты вызывают беспокойство, зуд, раздражение, что приводит к снижению жизнедеятельности животных. Особую опасность представляют блохи, которые могут переносить возбудителя чумы. Блохи крыс, домовых мышей, кошек, собак также переносчики риккетсий — возбудителей крысиного сыпного тифа, бартонелл, бактерий туляремии, псевдотуберкулеза, бруцеллеза. Блохи кошек и собак служат промежуточными хозяевами гельминтов. Укусы блох вызывают аллергические реакции и дерматиты. Вши и власоеды тоже переносят возбудителей опасных болезней хозяев. Глобальное потепление климата, благоприятные условия для развития паразитов в населенных пунктах требует особого внимания к эктопаразитам, надзора за их численностью и разработки новых средств защиты от них. [8, 9, 13]

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Провели анализ научной литературы по эктопаразитам собак и кошек, входящей в электронные базы данных Российской научной электронной библиотеки, Cyberleninka, PubMed, WoS, Scopus. Предпочтение было отдано публикациям из базы Elibrary, так как ориентировались на исследования, проведенные в Российской Федерации.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Наиболее распространенные эктопаразиты у собак — *Trichodectes canis* и *Linognathus setosus*, кошек — *Felicola subrostratus*. Некоторые породы животных обладают предрасположенностью к данным заболеваниям. Среди собак — спаниели, бассеты, афганские борзые и другие породы, для которых характерны большие, покрытые длинной шерстью уши, создающие благоприятные условия для вшей, у кошек — длинношерстные породы, которые не могут тщательно ухаживать за своей шерстью. Для собак наиболее вредоносные — власоеды семейства *Trichodectidae*, вши — *Linognathidae* могут вызывать анемию. [1]

В присутствии вшей и власоедов резко меняется поведение собаки (нервничает, чешется, нарушаются сон, прием корма, прогулки), что может привести к нервному и физическому истощению. Вши изводят их укусами, власоеды срезают кусочки кожи, что болезненно для собак. Укусы вызывают аллергические реакции, сопровождаемые расчесыванием, занесением грязи и инфекции. Собака теряет шерсть, образуются alopecia. Возможно развитие нейродермита, дерматита, экземы. Наблюдается снижение веса щенков, данное состояние порой сопровождается анемией, снижением иммунитета и присоединением глистной инвазии. [10]

При укусах блох собаки расчесывают зудящие участки кожи, появляются ссадины, царапины, выпадает шерсть. Может появляться дерматит, обостряются хронические кожные заболевания, повышается температура тела, затрудняется дыхание. Собаки становятся

непослушными, невнимательными и раздражительными. [17]

При заболеваниях, вызванных клещами рода *Sarcoptes*, *Notoedres*, *Demodex*, *Ixodes* и *Derma-centor*, а также блохами *Ctenocephalides canis*, *C. felis* происходят гематологические сдвиги. Реакция клеток крови на болезненные процессы имеет важное клинико-диагностическое значение для определения тяжести протекания заболевания. Эритроцитопения встречается у собак и кошек при демодекозе, а также нападении иксодовых клещей. При нотоэдрозе кошек количество эритроцитов возрастает на 20%, что свидетельствует об эндо- или экзогенных интоксикациях, стимулирующих гемопоэз. Показатели гемоглобина при поражениях эктопаразитами имеют тенденцию к снижению. Иксодидозы, ктеноцефалидозы и демодекозы собак и кошек сопровождаются анемией, что обусловлено потерей крови и разрушением эритроцитов под действием биологических токсинов. Лейкоцитоз наблюдали у домашних плотоядных, пораженных зудневыми клещами (нотоздроз, саркоптоз). В некоторых случаях объем лейкоцитов увеличивался в 2,3 раза. Скорость оседания эритроцитов при большинстве арахноэнтомозов (ктеноцефалидозы собак и кошек, саркоптоз собак и иксодидозы) стабильно повышалась, что свидетельствует о развитии у больных животных некротических очагов, воспалительной реакции и деструктивных процессов. [16]

Дерматопатологии паразитарного происхождения в г. Москве и Московской области чаще выявляли у кошек (42...45% в общей структуре нозологий), чем у собак (12%). В городе нередко регистрировали афаниптероз (46...62%), отодектоз кошек (34...38) и демодекоз собак (39%). В ветеринарных клиниках Московской области дерматиты среди кошек и собак диагностировали соответственно в 70...73 и 30...34% случаев. При этом у кошек преобладал отодектоз (58...63%). [2, 11]

В г. Москве сезонная динамика зараженности собак насекомыми разных видов отличалась. Блох обнаруживали зимой у 6,4% собак, весной и летом — 8,5 и 10,6% соответственно. Зараженность собак вшами составила зимой 3,2%, весной — 4,2, летом — 5,3 и осенью — 6,4%. Максимальная зараженность собак власоедами отмечена в летний период (4,2%), зимой она снижалась до 2,1%. Клещей *Ixodes ricinus* находили на кожно-волосном покрове собак (18%) только в теплое время года. Не отмечено значительной разницы по сезонам года в зараженности собак *Otodectes cynotis*, *Sarcoptes canis* и *Cheyletiella jascuri*. [4, 5]

По результатам исследования, 25,6% обследованных кошек и 11,8% собак были заражены эктопаразитами. У молодых собак и щенков встречались *Demodex sp.* (4%) *S. canis* (1,00), *O. cynotis* (0,85), взрослых животных — *Trichodectes canis* (0,64%). [18]

В общей суммарной патологии как среди собак, так и кошек г. Кстова Нижегородской области наибольшую долю занимала группа «кожных болезней». Установлено, что заболевания, характеризующиеся поражением кожи и шерстного покрова животных, в большей степени относились к болезням паразитарной этиологии — 348 случаев среди кошек (58%) и 271 — собак (79%). При анализе случаев заболевания собак и кошек эктопаразитами определили, что наиболее частое — блошиная инвазия, проявляющаяся аллерги-

ческим дерматитом, расчесами и другими признаками. За весь период исследований диагностирована инвазия двумя видами блох (*C. felis*, *C. canis*), одним власоедом (*T. canis*), кроме того были вошь собачья (*L. setosus*) и иксодовые клещи (*Dermacentor reticulatus*, *D. marginatus* и *I. Ricinus*). [3]

При обследовании собак в г. Тюмени с заболеваниями кожно-волосного покрова, болезнями кожи паразитарной этиологии регистрировали у 33,86% всех обследованных животных. Чаще выявляли афаниптериоз — 28,55%, отодектоз — 21,9, блошинный аллергический дерматит — 14,65, хейлетиоз — 13,2, демодекоз — 12,6, саркоптоз — 9,1%. Находили патологию у породы мопс — 1,9% случаев, французский бульдог — 1,58, шарпей — 1,18, английский бульдог — 0,89, бультерьер — 1,6, доberman — 1,1, метис — 2,65, стаффордширский терьер — 0,89, джек рассел терьер — 0,59%. При анализе проявляющихся изменений на кожной поверхности животных установлено, что преобладающими клиническими признаками были зуд — 9,73%, аллопеции — 5,3, расчесы — 2,65%. Реже встречались экссудация пораженного участка кожи — 2,06%, гиперемия — 1,76, наличие струпа — 1,47, посинение — 0,88, папулезная или пустулезная сыпь — 0,58%. [15]

Из 8602 обследованных кошек с заболеваниями кожи выявлено 764 (8,88%), среди которых 68 (8,90) был поставлен диагноз нотоэдроз, 27 (3,53) — демодекоз, 680 (7,91) — отодектоз. За это же время осмотрели 10624 собаки, заболевания кожи установлены у 1347 (12,6%) животных: саркоптоз — у 47 (3,48), демодекоз — 34 (2,52), отодектоз — 19 (0,17%). Иксодовых клещей обнаружили у 1036 (9,75%) собак. У всех животных с заболеваниями кожи были характерные клинические признаки — гиперемия участков кожи, образование узелков, корок, алопеций. При этом специфические клинические признаки заболеваний в некоторых случаях отсутствовали. [16] Максимальная зараженность собак власоедами отмечена в летний период (4,2%). Блох *C. felis* обнаруживали зимой у 6,4% собак, весной и летом — 8,5 и 10,6% соответственно. Зараженность собак *L. setosus* составила зимой 3,2%, весной — 4,2, летом — 5,3, осенью — 6,4%. В среднем, в течение года зараженность собак составила *C. Felis* — 32,9%, *L. Setosus* — 19,1 и *T. Canis* — 12,1%. [12]

При исследовании животных в г. Новосибирске установлены шесть видов паразитов: *C. canis*, *O. cynotis*, *D. canis*, *Notoedres cati*, *Sarcoptes canis* и *Cheyletiella jascuri*. Среди эктопаразитозов доминирует блошинная инвазия (4,78% общего числа больных). Экстенсивность инвазии у собак была в 2020 году — 5,65%, 2021 — 1,62, 2022 — 3,11% случаев. С диагнозом отодектоз за три года поступило 64 животных, средняя ЭИ за этот период составила 1,94%. Зараженность кошек в 2020 году — 2,59%, 2021 — 3,37, 2022 — 3,39, собак — 0,63, 1,26 и 0,59% соответственно. На третьем месте по распространенности встречается клещ *C. jascuri*, за три года с данным диагнозом поступило девять животных, ЭИ — 0,27%. Из всех случаев хейлетиеллеза, у кошек клещ был обнаружен в 2020 году — 0,19%, у собак в 2020 — 1,26%, 2021 — 0,36%, в 2022 году заболевших не было. Демодекоз диагностирован у 0,24% обследованных животных. Инвазированность собак в 2020 году — 0,42%, 2021 — 0,54, 2022 — 0,44%. В г. Обь Новосибирской области пик демодекоза наблюдали в весенне-летний период. Всего пять случаев нотоэдроза (0,31%) за исследуемый

период выявлено у кошек, у собак его не было. Клещей *Sarcoptes scabiei* обнаружили всего три раза. Средняя экстенсивность инвазии в популяции собак составила 0,18%, среди общего числа мелких домашних животных — 0,09%. Афаниптероз получил наибольшее распространение осенью — 1,76%, его чаще встречали у животных до года — 36,05%, минимальная степень инвазии в возрасте от шести лет и старше. Пик активности клещей *O. cynotis* у кошек и собак пришелся также на осень — 0,69% и возраст 1...6 месяцев, у кошек — 45,83%, собак — 56,25% случаев. [6]

Также среди кошек и собак в г. Новосибирске установлены: афаниптероз — 4,8% (158 животных), отодектоз — 1,9 (64), демодекоз — 0,23 (8), нотоэдроз 0,14 (5), саркоптоз 0,09 (3) и хейлетиеллез 0,3% (9 животных). [7]

**Выводы.** Эктопаразиты собак и кошек — распространенные возбудители заболеваний. У собак чаще встречается афаниптероз (4,78...62,0%) и демодекоз (2,52...39,0), реже триходектоз (0,64...4,2), иксодовые клещи (9,75...18,0), саркоптоз (1,0...9,1), отодектоз (0,17...1,94), у кошек — отодектоз (34...63), нотоэдроз (0,3...8,9) и хейлетиеллез (0,27%).

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Арисов М.В., Степанова И.А., Семенова Н.В., Арисова Г.Б. Применение препарата «Неотерика Протекто 12» в форме полимерной ленты в борьбе с энтомозами собак и кошек // Российский паразитологический журнал. 2018. 12(3). С. 76—81. <https://doi.org/10.31016/1998-8435-2018-12-3-76-81>
2. Василевич Ф.И., Давыдова О.Е., Есаулова Н.В. Распространение дерматитов паразитарного происхождения среди собак и кошек Московского региона // Ветеринария. 2023. № 6. С. 32—36. <https://doi.org/10.30896/0042-4846.2023.26.6.32-36>
3. Горбунов П.А., Пашкин А.В., Юкачева Е.А. и др. Особенности формирования нозологического профиля заразной патологии домашних плотоядных в условиях отдельной административной территории // Вестник Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. 1(33). С. 29—33.
4. Девятьярова С.Б. Современная ситуация по эктопаразитозам собак в Московском мегаполисе // Российский паразитологический журнал. 2023. 17(2). С. 224—228. <https://doi.org/10.31016/1998-8435-2023-17-2-224-228>
5. Девятьярова С.Б., Арисов М.В. Эффективность противопаразитарного препарата в форме спрея на основе фипронила, моксидектина и пирипроксифена при энтомозах плотоядных животных // Теория и практика борьбы с паразитарными болезнями. 2022. Вып. 23. С. 167—172. <https://doi.org/10.31016/978-5-6046256-9-9.2022.23.167-172>
6. Зубарева И.М., Юдина Н.В., Ефремова Е.А. Эпизоотологическая характеристика эктопаразитозов плотоядных животных мегаполиса (на примере Новосибирска) // Теория и практика борьбы с паразитарными болезнями. 2023. Вып. 24. С. 184—188. <https://doi.org/10.31016/978-5-6048555-6-0.2023.24.184-188>
7. Зубарева И.М., Борцова М.С. Мониторинг распространения эктопаразитов домашних плотоядных в г. Новосибирске // Вопросы ветеринарной науки и практики: Сб. трудов науч.-практ. конф. преподавателей, аспирантов, магистрантов и студентов Института ветеринарной медицины и биотехнологии Новосибирского ГАУ, Новосибирск, 24 марта 2023 года. Новосибирск: Издательский

- центр Новосибирского государственного аграрного университета «Золотой колос», 2023. С. 86–88.
8. Ковалева М.А., Домацкий В.Н. Терапия собак при триходектозе // Достижения молодежной науки для агропромышленного комплекса: Сборник материалов LVI научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Тюмень, 14–18 марта 2022 года. Том Часть 3. Тюмень: Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2022. С. 359–365.
9. Косминков Н.Е., Лайпанов Б.К., Домацкий В.Н., Белименко В.В. Паразитология и паразитарные болезни сельскохозяйственных животных Учебник. Среднее профессиональное образование. М. ООО «Научно-издательский центр ИНФРА-М», 2019. 467 с.
10. Лобанова Н.Л., Кусяков М.И., Сидоров И.В. Вши, власоседы и блохи собак // Научное обозрение: сб. ст. Межд. науч.-исслед. конкурса, Пенза, 05 мая 2021 года. Пенза: ООО «Наука и Просвещение», 2021. С. 314–317. EDN YLZCYV.
11. Махватова Н.В. Зараженность домашних плотоядных животных на территории города Москвы // Современные проблемы общей и частной паразитологии: мат. IV Межд. паразитологического симпозиума, Санкт-Петербург, 7–9 декабря 2022 года. Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины. 2022. С. 150–153.
12. Никонов А.А., Пипченко Е.В. Распространение отодектоза и афаниптероза кошек и собак в условиях города Тюмени // Научная жизнь. 2018. № 11. С. 111–116.
13. Прохорова И.А. Разработка современных средств профилактики и лечения паразитарных болезней плотоядных // Российский паразитологический журнал. 2010. № 2. С. 119–123.
14. Сафаров А.А., Акрамова Ф.Д., Шакарбаев У.А., Азимов Д.А. Паразитофауна домашней собаки (*Canis familiaris* Dom.) современного мегаполиса Ташкента // Российский паразитологический журнал. 2018. Т. 12. № 4. С. 41–49. <https://doi.org/10.31016/1998-8435-2018-12-4-41-49>. EDN OSSESL.
15. Селищева А.В., Столбова О.А. Эктопаразиты у собак в городе Тюмени. Перспективные разработки и прорывные технологии в АПК: Сб. мат. нац. науч.-практ. Конф., Тюмень, 21–23 октября 2020 года. Тюмень: Государственный аграрный университет Северного Зауралья. 2020. С. 123–127.
16. Ткачева Ю.А., Глазунов Ю.В. Функциональное состояние собак и кошек при эктопаразитах в Северном Зауралье // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова. 2020. 2(59). С. 101–108. <https://doi.org/10.34655/bgsha.2020.59.2.014>
17. Шаповалова О.А., Гламаздин И.Г., Ватников Ю.А. и др. Неспецифическая резистентность эритроцитов у собак при дерматитах паразитарной этиологии // Современные проблемы науки и образования. 2016. № 3. С. 389–396.
18. Щепотьева О.Д., Порфирьева Л.Ю., Панова О.А., Гламаздин И.Г. Эктопаразиты мелких домашних животных // Теория и практика борьбы с паразитарными болезнями. 2018. Вып. 19. С. 533–535.
2. Vasilevich F.I., Davydova O.E., Esaulova N.V. Rasprostranenie dermatitov parazitarnogo proiskhozhdeniya sredi sobak i koshek Moskovskogo regiona // Veterinariya. 2023. № 6. S. 32–36. <https://doi.org/10.30896/0042-4846.2023.26.6.32-36>
3. Gorbunov P.A., Pashkin A.V., Yukacheva E.A. i dr. Osobennosti formirovaniya nozologicheskogo profilya zaraznoj patologii domashnih plotoyadnyh v usloviyah otel'noj administrativnoj territorii // Vestnik Nizhegorodskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2022. 1(33). S. 29–33.
4. Devyat'yarova S.B. Sovremennaya situatsiya po ektoparazitozam sobak v Moskovskom megapolise // Rossijskij parazitologicheskij zhurnal. 2023. 17(2). S. 224–228. <https://doi.org/10.31016/1998-8435-2023-17-2-224-228>
5. Devyat'yarova S.B., Arisov M.V. Effektivnost' protivoparazitarnogo preparata v forme spreya na osnove fipronila, moksidektina i piriprosifena pri entomozah plotoyadnyh zhivotnyh // Teoriya i praktika bor'by s parazitarnymi boleznyami. 2022. Vyp. 23. S. 167–172. <https://doi.org/10.31016/978-5-6046256-9-9.2022.23.167-172>
6. Zubareva I.M., Yudina N.V., Efremova E.A. Epizootologicheskaya karakteristika ektoparazitov plotoyadnyh zhivotnyh megapolisa (na primere Novosibirska) // Teoriya i praktika bor'by s parazitarnymi boleznyami. 2023. Vyp. 24. S. 184–188. <https://doi.org/10.31016/978-5-6048555-6-0.2023.24.184-188>
7. Zubareva I.M., Borcova M.S. Monitoring rasprostraneniya ektoparazitov domashnih plotoyadnyh v g. Novosibirske // Voprosy veterinarnoj nauki i praktiki: Sb. trudov nauch.-prakt. konf. prepodavatelej, aspirantov, magistrantov i studentov Instituta veterinarnoj mediciny i biotekhnologii Novosibirskogo GAU, Novosibirsk, 24 marta 2023 goda. Novosibirsk: Izdatel'skij centr Novosibirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta “Zolotoj kolos”, 2023. S. 86–88.
8. Kovaleva M.A., Domackij V.N. Terapiya sobak pri trihodektoze // Dostizheniya molodezhnoj nauki dlya agropromyshlennogo kompleksa: Sbornik materialov LVI nauchno-prakticheskoy konferencii studentov, aspirantov i molodyh uchenyh, Tyumen', 14–18 marta 2022 goda. Tom Chast' 3. Tyumen': Gosudarstvennyj agrarnyj universitet Severnogo Zaural'ya, 2022. S. 359–365.
9. Kosminikov N.E., Lajpanov B.K., Domackij V.N., Beliminco V.V. Parazitologiya i parazitarnye bolezni sel'skohozyajstvennyh zhivotnyh Uchebnik. Srednee professional'noe obrazovanie. M. ООО “Nauchno-izdatel'skij centr INFRA-M”, 2019. 467 s.
10. Lobanova N.L., Kussyakov M.I., Sidorov I.V. Vshi, vlasosedy i blohi sobak // Nauchnoe obozrenie: sb. st. Mezhd. nauch.-issled. konkursa, Penza, 05 maya 2021 goda. Penza: ООО “Nauka i Prosveshchenie”, 2021. S. 314–317. EDN YLZCYV.
11. Mahvatova N.V. Zarazhennost' domashnih plotoyadnyh zhivotnyh na territorii goroda Moskvy // Sovremennye problemy obshchej i chastnoj parazitologii: mat. IV Mezhd. parazitologicheskogo simpoziuma, Sankt-Peterburg, 07–09 dekabrya 2022 goda. Sankt-Peterburg: Sankt-Peterburgskij gosudarstvennyj universitet veterinarnoj mediciny. 2022. S. 150–153.
12. Nikonov A.A., Pipchenko E.V. Rasprostranenie otodektoza i afanipteroza koshek i sobak v usloviyah goroda Tyumeni // Nauchnaya zhizn'. 2018. № 11. S. 111–116.
13. Prohorova I.A. Razrabotka sovremennyh sredstv profilaktiki i lecheniya parazitarnyh boleznej plotoyadnyh // Rossijskij parazitologicheskij zhurnal. 2010. № 2. S. 119–123.
14. Safarov A.A., Akramova F.D., Shakarbaev U.A., Azimov D.A. Parazitofauna domashnej sobaki (*Canis familiaris* Dom.) sovremennogo megapolisa Tashkenta // Rossijskij parazitolo-

## REFERENCES

- logicheskij zhurnal. 2018. T. 12. № 4. S. 41–49. <https://doi.org/10.31016/1998-8435-2018-12-4-41-49>. EDN: OSSESL.
15. Selishcheva A.V., Stolbova O.A. Ektoparazity u sobak v gorode Tyumeni. Perspektivnye razrabotki i proryvnye tekhnologii v APK: Sb. mat. nac. nauch.-prakt. Konf., Tyumen', 21–23 oktyabrya 2020 goda. Tyumen': Gosudarstvennyj agrarnyj universitet Severnogo Zaural'ya. 2020. S. 123–127.
  16. Tkacheva Yu.A., Glazunov Yu.V. Funkcional'noe sostoyanie sobak i koshek pri ektoparazitozah v Severnom Zaural'e // Vestnik Buryatskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii im. V.R. Filippova. 2020. 2(59). S. 101–108. <https://doi.org/10.34655/bgsha.2020.59.2.014>
  17. Shapovalova O.A., Glamazdin I.G., Vatnikov Yu.A. i dr. Nespecificheskaya rezistentnost' eritrocitov u sobak pri dermatitah parazitarnoj etiologii // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. 2016. № 3. S. 389–396.
  18. Shchepot'eva O.D., Porfir'eva L.Yu., Panova O.A., Glamazdin I.G. Ektoparazity melkih domashnih zhivotnyh // Teoriya i praktika bor'by s parazitarnymi boleznyami. 2018. Vyp. 19. S. 533–535.

*Поступила в редакцию 08.04.2024*

*Принята к публикации 22.04.2024*

**ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ УБОРКИ КОРНЕПЛОДОВ И КАРТОФЕЛЯ****Алексей Викторович Сибирев<sup>1</sup>, доктор технических наук, главный научный сотрудник, ORCID: 0000-0002-9442-2276****Максим Александрович Мосяков<sup>1</sup>, кандидат технических наук****Николай Викторович Сазонов<sup>1</sup>, кандидат технических наук****Александр Петрович Мансуров<sup>1</sup>, доктор технических наук****Яков Петрович Лобачевский<sup>1,2</sup>, академик РАН, профессор**<sup>1</sup>ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», г. Москва, Россия<sup>2</sup>Российская академия наук, г. Москва, Россия

E-mail: sibirev2011@yandex.ru

**Аннотация.** Цель работы — эмпирическое определение температуры отработавших газов при изменении нагрузки на силовую установку свеклоуборочного комбайна с сепарирующей системой, обеспечивающей лучшие показатели качества уборки в условиях повышенной влажности почвы. Разработаны: классификация способов роста сепарирующей способности щелевых устройств для очистки корнеплодов; лабораторная установка по определению показателей качества сепарирующей системы с тепловой энергией очистки отработавших газов с очистительным устройством в виде звезды; методика оценки процесса теплопередачи от отработавших газов силовой установки самоходного комбайна для уборки сахарной свеклы Holmer Terra Dos T3 к сепарирующей системе, предусматривающей определение температуры с использованием термопар, установленных в различных точках системы газовойпуска ДВС. Выполнено экспериментальное исследование температуры отработавших газов силовой установки уборочной машины с помощью термопар при максимальной частоте вращения с изменением индекса тепловой нагрузки внешней среды от 5 до 30°C. Теплота отработавших газов силовой установки Mercedes-Benz самоходного комбайна Holmer Terra Dos T3, направленная на обдув рабочей поверхности сепарирующего устройства на выходе из первого и четвертого, а также второго и третьего цилиндров, имеет незначительные расхождения, превышающие пределы погрешности ( $65 \pm 5,8$ ;  $63,2 \pm 1,5$  и  $74,9 \pm 2,4$ ;  $75,2 \pm 2,0$ °C соответственно), что приводит к равномерному распределению теплового потока на устройстве очистки корнеплодов сахарной свеклы.

**Ключевые слова:** уборка, картофель, свекла, экспериментальные исследования, обоснование параметров, отработавшие газы, температура

**ENERGY-SAVING TECHNOLOGY FOR HARVESTING ROOT CROPS AND POTATOES****A.V. Sibirev<sup>1</sup>, Grand PhD in Engineering Sciences, Chief Researcher****M.A. Mosyakov<sup>1</sup>, PhD in Engineering Sciences****N.V. Sazonov<sup>1</sup>, PhD in Engineering Sciences****A.P. Mansurov<sup>1</sup>, Grand PhD in Engineering Sciences****Ya.P. Lobachevsky, Academician of the RAS, Professor**<sup>1</sup>FGBNU "Federal Scientific Agroengineering Center VIM", Moscow, Russia<sup>2</sup>Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

E-mail: sibirev2011@yandex.ru

**Abstract.** The purpose of the work is to empirically determine the temperature of the exhaust gases when changing the load on the power plant of a beet harvester with a separating system that provides better harvesting quality in conditions of high soil moisture. Have been developed: classification of methods for increasing the separating ability of slot-hole devices for cleaning root crops; laboratory installation for determining the quality indicators of a separation system with thermal energy for exhaust gas purification with a star-shaped cleaning device; a method for assessing the process of heat transfer from the exhaust gases of the power plant of the self-propelled harvester for harvesting sugar beets Holmer Terra Dos T3 to the separating system, which involves determining the temperature using thermocouples installed at various points in the gas exhaust system of the internal combustion engine. An experimental study of the temperature of the exhaust gases of the power plant of a harvesting machine was carried out using thermocouples at maximum rotation speed with a change in the thermal load index of the external environment from 5 to 30°C. The heat of the exhaust gases from the Mercedes-Benz power plant of the Holmer Terra Dos T3 self-propelled harvester, aimed at blowing the working surface of the separating device at the outlet of the first and fourth, as well as the second and third cylinders, has minor discrepancies exceeding the error limits ( $65 \pm 5.8$ ;  $63.2 \pm 1.5$  and  $74.9 \pm 2.4$ ;  $75.2 \pm 2.0$ °C, respectively), which leads to a uniform distribution of heat flow on the device for cleaning sugar beet roots.

**Keywords:** harvesting, potatoes, beets, experimental studies, justification of parameters, exhaust gases, temperature

Обеспечение качественной уборки урожая корнеплодов овощных культур и сахарной свеклы определяется эффективностью работы очистительных устройств уборочных машин. Основным период их работы — при интенсивном выпадении осадков, что затрудняет эффективность выделения товарной продукции от механических примесей из-за налипания на рабочую поверхность сепарирующих устройств почвы. [4, 6]

Негативное влияние данного обстоятельства на процессы уборки обусловлено зависимостью процесса очистки от влажности материала, взаимодействующего с рабочей поверхностью очистительных устройств при влажности почвы более 17%.

Известны различные способы повышения качества уборки корнеплодов при высокой влажности почвы (рис. 1).



Рис. 1. Классификация способов повышения сепарирующей способности щелевых устройств для очистки корнеплодов.

Процесс очистки рабочей поверхности сепарирующих устройств уборочных машин различными типами механических воздействий приводит к повышенному повреждению товарной продукции и непосредственному налипанию почвы на сами интенсификаторы.

Результатами исследований В.А. Хвостова и Э.С. Рейнгарта установлено, что один из способов интенсификации процесса очистки сепарирующих устройств – применение теплового агента гидравлической системы уборочного агрегата, обеспечивающего обогрев рабочих органов сепарации и отслаивание с их поверхности высохшего почвенного слоя. [14] Недостаток технического решения – невозможность использования его на прицепных уборочных агрегатах без независимой гидравлической системы.

Цель работы – эмпирическое определение температуры отработавших газов при изменении нагрузки на двигатель свеклоуборочного комбайна.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для устранения недостатков интенсификации процесса очистки товарной продукции корнеплодов в условиях повышенной влажности проведены поисковые исследования по применению в качестве теплового агента обогрева сепарирующей поверхности уборочных машин теплоотработавших газов силовой установки энергетического средства. [1, 2, 11]

Разработана установка (рис. 2), позволяющая обеспечить в лабораторных условиях технологический процесс очистки товарной продукции. [8, 10, 16]

Предпосылками использования теплоты отработавших газов силовой установки послужили сведения о равенстве потерь теплоты, выделяемой с отработавшими газами и количеством теплоты, эквивалентной эффективной работе (табл. 1). [5, 9, 15]

### Принцип работы экспериментальной сепарирующей системы

Товарная продукция корнеплодов поступает с поверхности устройства подачи 13 на сепарирующую звезду 1. В результате вращательного движения сепарирующей звезды 1 ворох равномерно распределяется по рабочей поверхности и почвенные примеси скатываются с поверхности устройства из-за его установки под углом к горизонту и повороте сепарирующих прутков 4 на шарнирном сочленении 5. Очистка от растительных

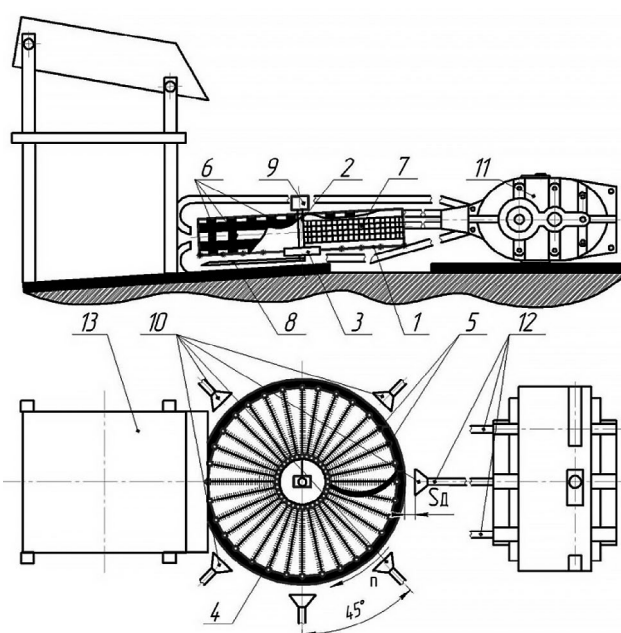


Рис. 2. Очистительная звезда сепарирующей системы комбайна Holmer Terra Dos T3:

- 1 – сепарирующая звезда, 2 – ось, 3 – ступица, 4 – сепарирующие прутки, 5 – шарниры, 6 – защитный экран, 7 – демпфер решетчатый, 8 – очищающее устройство, 9 – гидронасос, 10 – дефлекторы, 11 – воздухопроводы, 12 – силовая установка, 13 – устройство подачи.

Таблица 1.  
Показатели теплового баланса дизельного двигателя

| Показатель                                | $Q_p$ , Дж/с | $q$ , % |
|-------------------------------------------|--------------|---------|
| Теплота, эквивалентная эффективной работе | 50900        | 29,2    |
| Потери теплоты                            |              |         |
| в систему охлаждения                      | 53601        | 30,8    |
| с отработавшими газами                    | 51960        | 29,8    |
| из-за неполноты сгорания                  | 9334         | 5,4     |
| Остаточный член                           | 8372         | 4,8     |
| Общее количество теплоты                  | 174167       | 100     |



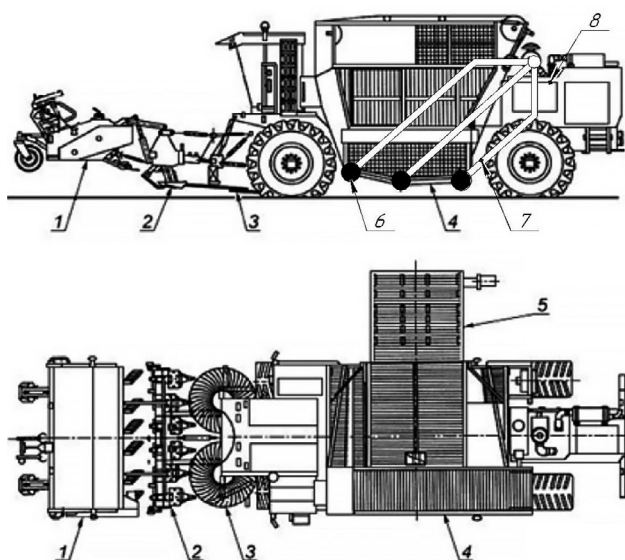


Рис. 3. Конструктивно-технологическая схема самоходного комбайна Holmer Terra Dos T3, оснащенного сепарирующей системой с тепловой энергией очистки: 1 — ботвоудалитель; 2 — корчеватель; 3 — звезды сепарирующие; 4 — прутковый транспортер загрузки; 5 — выгрузной транспортер; 6 — дефлектор; 7 — воздуховод; 8 — энергетическая установка.

примесей обеспечивается их закреплением на ворсе сепарирующих прутков и удалением очищающим устройством 8.

Далее продукция направляется к системе транспортирования и при обдуве теплым воздухом через систему дефлекторов 10 от силовой установки 12 почвенные примеси подсыхают на рабочей поверхности сепарирующих прутков 4 и отделяются от них.

Разработанная сепарирующая система обеспечивает взаимодействие устройств очистки уборочной машины и силовой установки комбайна для уборки сахарной свеклы (рис. 3.). [3, 7, 13]

Экспериментальные исследования выполняли на полях ООО «Красная Горка» Пензенской области при монтаже элементов очистки на свеклоуборочный комбайн Holmer Terra Dos T3 (рис. 4, 3-я стр. обл.).

Для снижения потерь тепла и подачи его на различные части рабочей поверхности очистительного устройства, поступающего от двигателя внутреннего сгорания дефлекторы и воздуховоды системы очистки выполнены из армированного материала и равномерно удалены от рабочей поверхности.

Для проведения исследований поддерживали влажность почвы при ее поверхностном увлажнении по всей длине учетной делянки до требуемого предельного значения не более 32%.

Выполняли запуск двигателя самоходного комбайна Holmer Terra Dos T3 и обеспечивали его прогрев до температуры 90°C с последующим включением рабочих органов машины. Изменение подачи сепарируемого вороха сахарной свеклы до 6 кг/с варьировали поступательной скоростью движения уборочной машины в диапазоне от 5 до 9 км/ч. Экспериментальные исследования направлены на определение температуры отработавших газов при изменении нагрузки на силовую установку без учета технологических параметров (частота вращения сепарирующей звезды и расстояние между ней и дефлектором), разработанной сепарирующей системы, обеспечивающих качество уборки в условиях повышенной влажности почвы, которые ранее были опубликованы авторами данной статьи. [3] В опыте предусмотрен выход на номинальный режим работы двигателя и его последовательное нагружение от 0 до 100% номинальной мощности.

Конструктивное расположение дефлекторов системы отработавших газов силовой установки относительно сепарирующей поверхности оказывает главное воздействие на полноту очистки корнеплодов при их уборке в условиях повышенной влажности почвы.

Данное обстоятельство обусловлено обеспечением равномерного распределения силового потока по рабочей поверхности сепарирующего устройства. Методика оценки процесса теплопередачи от отработавших газов силовой установки самоходного комбайна для уборки сахарной свеклы Holmer Terra Dos T3 к сепарирующей системе предусматривает определение температуры отработавших газов с использованием термомпар, установленных в различных точках системы газовыпуска ДВС. Чтобы точно измерить температуру отработавших выпускных газов используется устрой-

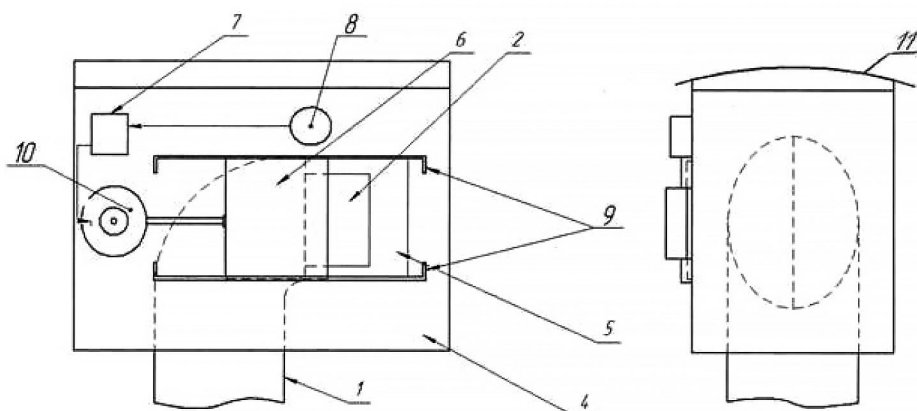


Рис. 5. Схема устройства для измерения температуры движущихся газообразных веществ мобильного агрегата: 1 — корпус; 2 — термодатчик; 3 — элемент крепежный; 4 — кожух; 5 — окно; 6 — шторка; 7 — блок управления; 8 — датчик инфракрасный; 9 — направляющая; 10 — привод; 11 — козырек защитный.

ство, разработанное В.Е. Колпаковым [12] (патент на полезную модель № 148815) (рис. 5).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты исследований статистически обрабатывали (табл. 2, 3).

По полученным результатам теплота отработавших газов силовой установки Mercedes-Benz самоходного комбайна Holmer Terra Dos T3, направленная на об-

дув рабочей поверхности сепарирующего устройства на выходе из первого и четвертого, а также второго и третьего цилиндров имеет незначительные расхождения, превышающие пределы погрешности ( $65 \pm 5,8$ ;  $63,2 \pm 1,5$  и  $74,9 \pm 2,4$ ;  $75,2 \pm 2,0$  °C соответственно), что позволяет равномерно распределять тепловой поток на устройство очистки корнеплодов сахарной свеклы и обеспечить повышение показателей качества уборки в соответствии с опубликованным материалом. [3]

Таблица 2.

Результаты измерений температуры отработавших газов с помощью термопар при максимальной частоте вращения ( $n_{\max}$ ) на безнагрузочном режиме, мин<sup>-1</sup>

| Точка измерения     | $\tilde{t}_{r1}, ^\circ\text{C}$ | $\tilde{t}_{r2}, ^\circ\text{C}$ | $\tilde{t}_{r3}, ^\circ\text{C}$ | $\tilde{t}_{\text{ср}}, ^\circ\text{C}$ | $\bar{\sigma}$ | $t_{an}$ | $\Delta, ^\circ\text{C}$ | $\tilde{t}_{rr}, ^\circ\text{C}$ |
|---------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------------|----------------|----------|--------------------------|----------------------------------|
| Вход в дефлектор    | 140,1                            | 142,9                            | 139,1                            | 140,7                                   | 1,14           | 4,3      | 4,9                      | $140,7 \pm 4,9$                  |
| Выход из дефлектора | 130,6                            | 130,1                            | 128,9                            | 129,9                                   | 0,5            | 4,3      | 2,17                     | $129,9 \pm 2,17$                 |

Таблица 3.

Результаты измерений температуры отработавших газов с использованием термопар

| Точка измерения                                                                     | $\tilde{t}_{r1}, ^\circ\text{C}$ | $\tilde{t}_{r2}, ^\circ\text{C}$ | $\tilde{t}_{r3}, ^\circ\text{C}$ | $\tilde{t}_{\text{ср}}, ^\circ\text{C}$ | $\bar{\sigma}$ | $t_{an}$ | $\Delta, ^\circ\text{C}$ | $\tilde{t}_{rr}, ^\circ\text{C}$ |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------------|----------------|----------|--------------------------|----------------------------------|
| Минимальная частота вращения $n_{\min}$ на безнагрузочном режиме, мин <sup>-1</sup> |                                  |                                  |                                  |                                         |                |          |                          |                                  |
| Вход в дефлектор                                                                    | 78,1                             | 78,2                             | 79,9                             | 78,7                                    | 0,58           | 4,3      | 2,5                      | $78,7 \pm 2,5$                   |
| Выход из дефлектора                                                                 | 65,2                             | 63,5                             | 69,5                             | 66,0                                    | 1,78           | 4,3      | 7,6                      | $66,0 \pm 7,5$                   |
| Частота вращения на безнагрузочном режиме $n = 800$ мин <sup>-1</sup>               |                                  |                                  |                                  |                                         |                |          |                          |                                  |
| Вход в дефлектор                                                                    | 78,3                             | 78,6                             | 77,5                             | 78,1                                    | 0,32           | 4,3      | 1,4                      | $78,1 \pm 1,4$                   |
| Выход из дефлектора                                                                 | 67,5                             | 66,9                             | 67,8                             | 67,4                                    | 0,25           | 4,3      | 1,0                      | $67,42 \pm 1,0$                  |
| $n = 1000$ мин <sup>-1</sup>                                                        |                                  |                                  |                                  |                                         |                |          |                          |                                  |
| Вход в дефлектор                                                                    | 86,1                             | 86,9                             | 85,5                             | 86,1                                    | 0,4            | 4,3      | 1,7                      | $86,1 \pm 1,7$                   |
| Выход из дефлектора                                                                 | 70,5                             | 71,6                             | 69,8                             | 70,3                                    | 0,8            | 4,3      | 3,5                      | $70,3 \pm 3,5$                   |
| $n = 1200$ мин <sup>-1</sup>                                                        |                                  |                                  |                                  |                                         |                |          |                          |                                  |
| Вход в дефлектор                                                                    | 96,2                             | 96,4                             | 95,8                             | 96,1                                    | 0,17           | 4,3      | 0,8                      | $96,1 \pm 0,8$                   |
| Выход из дефлектора                                                                 | 77,6                             | 77,0                             | 77,2                             | 77,2                                    | 0,17           | 4,3      | 0,8                      | $77,2 \pm 0,8$                   |
| $n = 1400$ мин <sup>-1</sup>                                                        |                                  |                                  |                                  |                                         |                |          |                          |                                  |
| Вход в дефлектор                                                                    | 106,3                            | 106,3                            | 106,9                            | 106,5                                   | 0,2            | 4,3      | 0,9                      | $106,5 \pm 0,9$                  |
| Выход из дефлектора                                                                 | 84,2                             | 83,6                             | 84,3                             | 84,0                                    | 0,21           | 4,3      | 0,9                      | $84,0 \pm 0,9$                   |
| $n = 1600$ мин <sup>-1</sup>                                                        |                                  |                                  |                                  |                                         |                |          |                          |                                  |
| Вход в дефлектор                                                                    | 113,9                            | 113,8                            | 114,3                            | 114,0                                   | 0,15           | 4,3      | 0,65                     | $114,0 \pm 0,65$                 |
| Выход из дефлектора                                                                 | 99,2                             | 98,5                             | 101,4                            | 99,7                                    | 0,9            | 4,3      | 3,7                      | $99,7 \pm 3,7$                   |
| $n = 1800$ мин <sup>-1</sup>                                                        |                                  |                                  |                                  |                                         |                |          |                          |                                  |
| Вход в дефлектор                                                                    | 128,6                            | 129,3                            | 128,0                            | 128,6                                   | 0,37           | 4,3      | 1,6                      | $128,6 \pm 1,6$                  |
| Выход из дефлектора                                                                 | 113,4                            | 113,6                            | 112,8                            | 113,0                                   | 0,43           | 4,3      | 1,9                      | $113,0 \pm 1,9$                  |
| $n = 2000$ мин <sup>-1</sup>                                                        |                                  |                                  |                                  |                                         |                |          |                          |                                  |
| Вход в дефлектор                                                                    | 140,6                            | 140,6                            | 140,9                            | 140,7                                   | 0,1            | 4,3      | 0,4                      | $140,7 \pm 0,4$                  |
| Выход из дефлектора                                                                 | 123,5                            | 122,5                            | 124,5                            | 123,5                                   | 0,6            | 4,3      | 2,5                      | $123,5 \pm 2,5$                  |

При сравнении авторских данных с полученными ранее по рассматриваемой тематике исследований известными учеными (В.А. Хвостов, Э.С. Рейнгарт, В.Е. Колпаков и другие) не вступают в противоречие, а считаются логическим развитием совершенствования способов повышения сепарирующей способности очистительных устройств обогревом тепловым агентом, в частности отработавших газов двигателя внутреннего сгорания свеклоуборочного комбайна.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Валиев А.Р., Васильков Н.А., Сабиров Р.Ф. и др. Современные автоматизированные и роботизированные машины для междурядной обработки почвы // *Техника и оборудование для села*. 2020. № 4. С. 2–7.
2. Гаспарян И.Н. Защита картофеля от ризоктониоза. Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина». 2014. № 3. С. 22–24.
3. Дорохов А.С., Сибирев А.В., Аксенов А.Г., Сазонов Н.В. Результаты лабораторных исследований сепарирующей системы с тепловой энергией очистки машины для уборки корнеплодов // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2022. № 1. С. 19–26.
4. Измайлов А.Ю., Колчин Н.Н., Лобачевский Я.П., Кынев Н.Г. Современные технологии и специальная техника для картофелеводства // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2015. № 3. С. 43–47.
5. Калинин А.Б., Смельик В.А., Теплинский И.З. и др. Выбор и обоснование параметров экологического состояния агроэкосистемы для мониторинга технологических процессов возделывания сельскохозяйственных культур // *Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета*. 2015. № 39. С. 315–319.
6. Калинин А.Б., Теплинский И.З., Кудрявцев П.П. Почвенное состояние в интенсивной технологии // *Картофель и овощи*. 2016. № 2. С. 35–36.
7. Коршунов А.В., Симаков Е.А., Лысенко Ю.Н. и др. Актуальные проблемы и приоритетные направления развития картофелеводства // *Достижения науки и техники АПК*. 2018. Т. 32. № 3. С. 12–20. <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2018-10303>
8. Ларюшин Н.П., Кухарев О.Н., Кирюхина Т.А. Исходные положения при проектировании машин для уборки лука // *Наука в центральной России*. 2015. № 6(18). С. 48–58.
9. Лачуга Ю.Ф., Ибятков Р.И., Зиганшин Б.Г. и др. Метод расчета траектории движения зерна в пневмомеханическом шелушителе // *Российская сельскохозяйственная наука*. 2021. Т. 6. С. 64–67.
10. Лобачевский Я.П., Ценч Ю.С. Принципы формирования систем машин и технологий для комплексной механизации и автоматизации технологических процессов в растениеводстве. *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2022. № 16(4). С. 4–12. <https://doi.org/10.22314/2073-7599-2022-16-4-4-12>. EDN: IDJFYV.
11. Овэс Е.В., Гаитова Н.А., Шишкина О.А. Индуцирование микроклубнеобразования новых перспективных сортов картофеля в асептической культуре. Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2020. № 15(4(60)). С. 48–54. <https://doi.org/10.12737/2073-0462-2021-48-54>
12. Патент № 148815 Россия, МПК G01 K13/02. Устройство для измерения температуры движущихся газообразных

веществ мобильного агрегата / В.Е. Колпаков, Р.В. Шкорлаков, А.С. Тяготин, № 2014133995; Заяв. 19.08.2014; Опубл. 20.12.2014, Бюл. № 35.

13. Сабиров Р.Ф., Валиев А.Р., Мухамадьяров Ф.Ф. Обоснование конструктивно-технологических параметров устройства для обработки семян биопрепаратами // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2021. Т. 16. № 3(63). С. 84–89. <https://doi.org/10.12737/2073-0462-2021-84-89>
14. Савиных П.А., Сычугов Ю.В., Казаков В.А., Чернятьев Н.А. Комбикормовый цех для сельскохозяйственного предприятия. Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № (6). С. 131–137.
15. Ценч Ю.С., Годлевская Е.В. Математическое моделирование как инструмент проектирования сельскохозяйственных машин и агрегатов (применительно к истории развития научной школы Южного Урала). *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2023. № 17(2). С. 4–12.
16. Lü J.Q., Shang Q.Q., Yang Y. et al. Design optimization and experiment on potato haulm cutter // *Transactions of the CSAM*. 2016. Vol. 47. No. 5. P. 106–114.

## REFERENCES

1. Valiev A.R., Vas'kov N.A., Sabirov R.F. i dr. Sovremennye avtomatizirovannye i robotizirovannye mashiny dlya mezhduryadnoy obrabotki pochvy // *Tekhnika i oborudovanie dlya sela*. 2020. № 4. S. 2–7.
2. Gasparyan I.N. Zashchita kartofelya ot rizoktonioza. *Vestnik Federal'nogo gosudarstvennogo obrazovatel'nogo uchrezhdeniya vysshego professional'nogo obrazovaniya "Moskovskij gosudarstvennyj agroinzhenernyj universitet imeni V.P. Goryachkina"*. 2014. № 3. S. 22–24.
3. Dorohov A.S., Sibiryov A.V., Aksenov A.G., Sazonov N.V. Rezul'taty laboratornykh issledovaniy separiruyushchej sistemy s teplovoj energiej ochistki mashiny dlya uborki korneplodov // *Sel'skohozyajstvennye mashiny i tekhnologii*. 2022. № 1. S. 19–26.
4. Izmajlov A.Yu., Kolchin N.N., Lobachevskij Ya.P., Kynev N.G. Sovremennye tekhnologii i special'naya tekhnika dlya kartofelevodstva // *Sel'skohozyajstvennye mashiny i tekhnologii*. 2015. № 3. S. 43–47.
5. Kalinin A.B., Smelik V.A., Teplinskij I.Z. i dr. Vybora i obosnovanie parametrov ekologicheskogo sostoyaniya agroekosistemy dlya monitoringa tekhnologicheskikh processov vozdelvaniya sel'skohozyajstvennykh kul'tur // *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2015. № 39. S. 315–319.
6. Kalinin A.B., Teplinskij I.Z., Kudryavcev P.P. Pochvennoe sostoyanie v intensivnoj tekhnologii // *Kartofel' i ovoshchi*. 2016. № 2. S. 35–36.
7. Korshunov A.V., Simakov E.A., Lysenko Yu.N. i dr. Aktual'nye problemy i prioritetye napravleniya razvitiya kartofelevodstva // *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2018. T. 32. № 3. S. 12–20. <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2018-10303>
8. Laryushin N.P., Kuharev O.N., Kiryuhina T.A. Iskhodnye polozheniya pri proektirovanii mashin dlya uborki luka // *Nauka v central'noj Rossii*. 2015. № 6(18). S. 48–58.
9. Lachuga Yu.F., Ibyatov R.I., Ziganshin B.G. i dr. Metod rascheta traektorii dvizheniya zerna v pnevmomekhanicheskom shelushitele // *Rossiyskaya sel'skohozyajstvennaya nauka*. 2021. T. 6. S. 64–67.
10. Lobachevskij Ya.P., Cench Yu.S. Principy formirovaniya sistem mashin i tekhnologii dlya kompleksnoj mekhanizacii i avtomatizacii tekhnologicheskikh processov v rastenievodstve. *Sel'skohozyajstvennye mashiny i tekhnologii*. 2022. № 16(4).

- S. 4–12. <https://doi.org/10.22314/2073-7599-2022-16-4-4-12>. EDN: IDJFYV.
11. Oves E.V., Gaitova N.A., Shishkina O.A. Inducirovanie mikroklubneobrazovaniya novyh perspektivnyh sortov kartofelya v asepticheskoy kul'ture. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2020. № 15(4(60)). S. 48–54. <https://doi.org/10.12737/2073-0462-2021-48-54>
  12. Patent № 148815 Rossiya, MPK G01 K13/02. Ustrojstvo dlya izmereniya temperatury dvizhushchihsya gazoobraznyh veshchestv mobil'nogo agregata / V.E. Kolpakov, R.V. Shkorlakov, A.S. Tyagotin, № 2014133995; Zayav. 19.08.2014; Opubl. 20.12.2014, Byul. № 35.
  13. Sabirov R.F., Valiev A.R., Muhamad'yarov F.F. Obosnovanie konstruktivno-tehnologicheskikh parametrov ustrojstva dlya obrabotki semyan biopreparatami // Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2021. T. 16. № 3(63). S. 84–89. <https://doi.org/10.12737/2073-0462-2021-84-89>.
  14. Savinyh P.A., Sychugov Yu.V., Kazakov V.A., Chernyat'ev N.A. Kombikormovyy cekh dlya sel'skohozyajstvennogo predpriyatiya. Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2018. № (6). S. 131–137.
  15. Cench Yu.S., Godlevskaya E.V. Matematicheskoe modelirovanie kak instrument proektirovaniya sel'skohozyajstvennyh mashin i agregatov (primenitel'no k istorii razvitiya nauchnoj shkoly Yuzhnogo Urala). Sel'skohozyajstvennye mashiny i tekhnologii. 2023. № 17(2). S. 4–12.
  16. Lü J.Q., Shang Q.Q., Yang Y. et al. Design optimization and experiment on potato haulm cutter // Transactions of the CSAM. 2016. Vol. 47. No. 5. P. 106–114.

*Поступила в редакцию 07.03.2024  
Принята к публикации 21.03.2024*



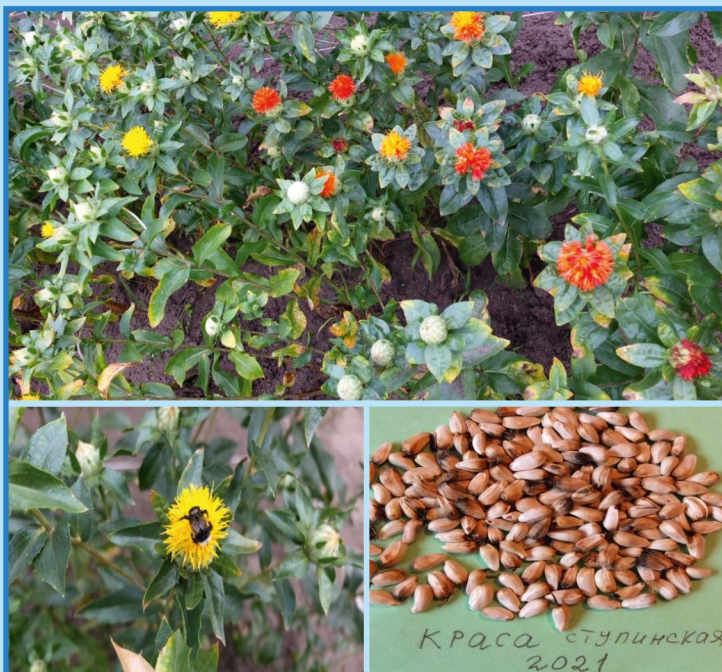


Рис. 2. Растения и семена сафлора на экспериментальном участке биостанции Тюменского государственного университета «Озеро Кучак», 2021 год.

Рисунки к статье Темирбековой С.К. и др. «Экологическое изучение сафлора красильного в России, Казахстане и Таджикистане для обеспечения продовольственной безопасности» (стр. 35)



Рис. 3. Структура сухой биомассы растения сафлора сорта Краса Ступинская.

Рисунок к статье Сибирёва А.В. и др. «Энергосберегающая технология уборки корнеплодов и картофеля» (стр. 107)

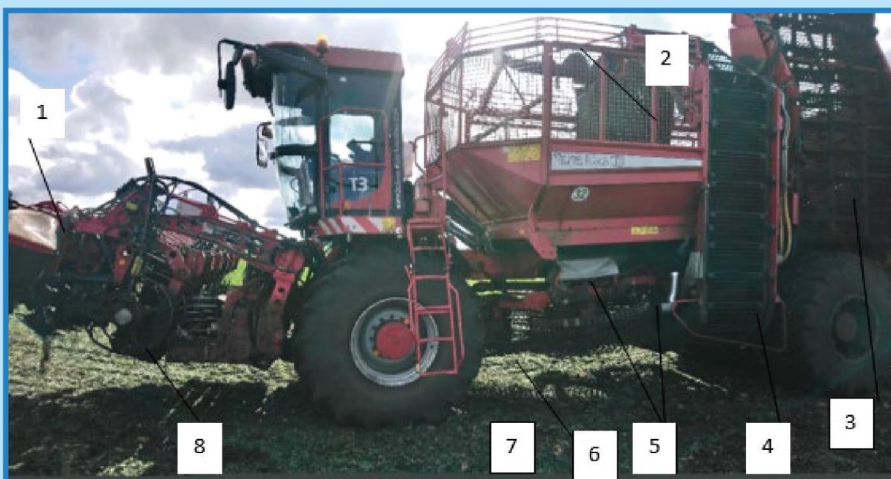


Рис. 4. Общий вид свеклоуборочного комбайна Holmer Terra Dos T3 и сепарирующей системы с использованием теплоты отработавших газов двигателя:

- 1 – ботвоудалитель;
- 2 – бункер;
- 3 – транспортер выгрузной;
- 4 – прутковый транспортер загрузки;
- 5 – дефлектор;
- 6 – воздуховод;
- 7 – сепарирующие звезды;
- 8 – корчеватель.

Рисунки к статье Сёмина И.В. «Агротехнические приемы повышения качества семенных подвоев в питомнике» (стр. 59)



Рис. 1. Сеянцы айвы обыкновенной.



Рис. 2. Корневая система сеянца айвы обыкновенной по вариантам опыта: а – песок; б – мох-сфагнум; в – контроль.

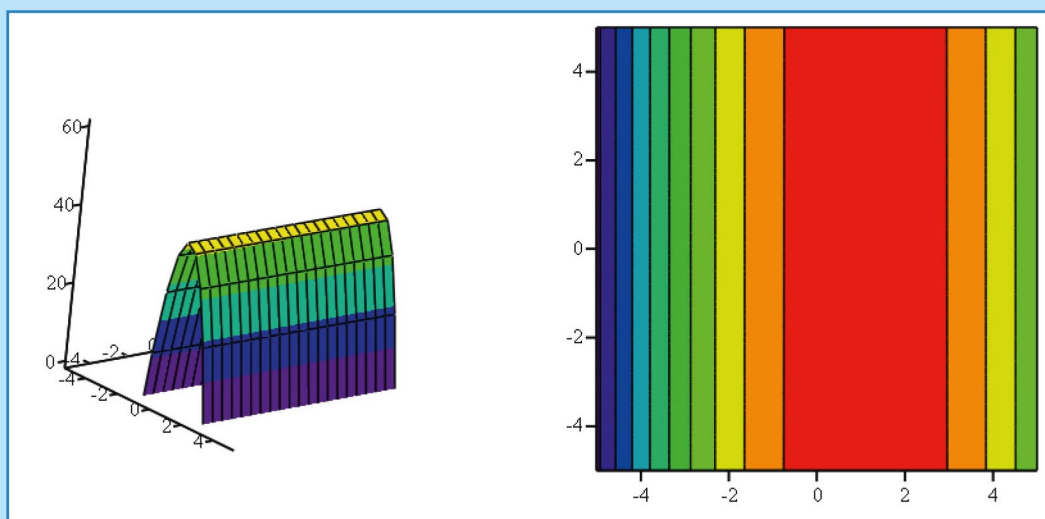


Рис. 1. Графики зависимости при  $x_3 = 0$ .

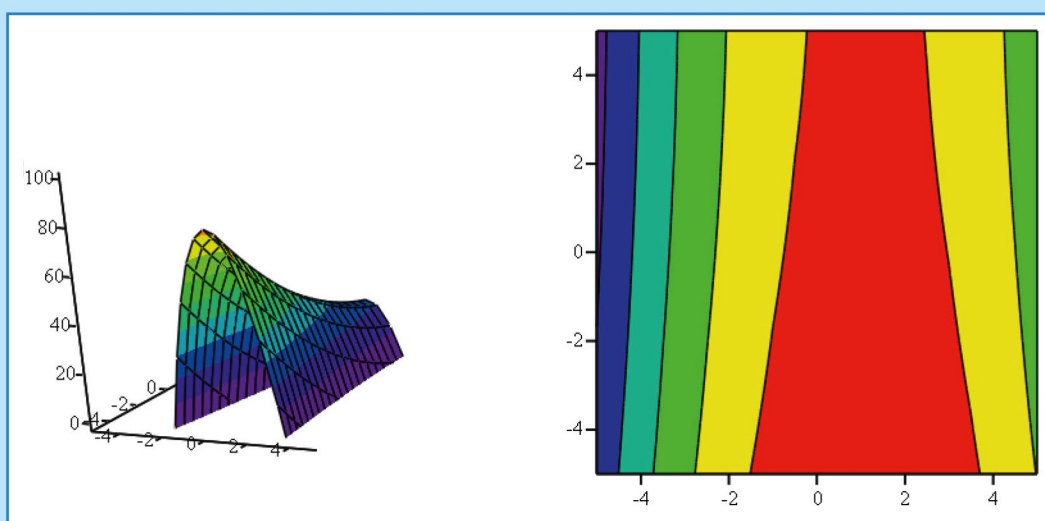


Рис. 2. Графики зависимости при  $x_2 = 0$ .

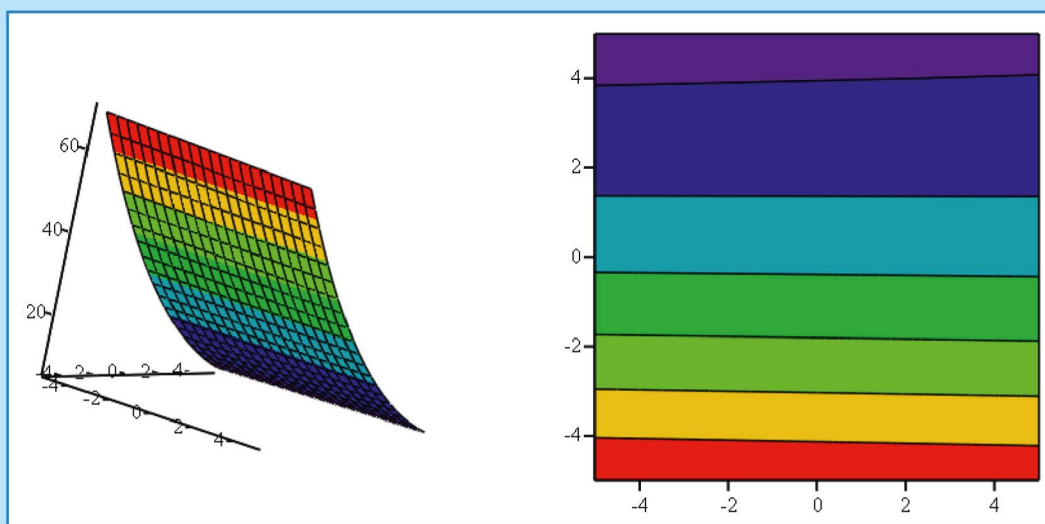


Рис. 3. Графики зависимости при  $x_1 = 0$ .